

ةيروهمجدا ةيرنازجدا ةيطارقميدلا ةيبعشدا

République Algérienne Démocratique et Populaire

ةرازو ميلعتلا يلعلا و ثحبلا يملعلا

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la vie

Université Mouhamed Kheider – Biskra

Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE

Pour l'obtention du

DIPLÔME DE MAGISTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Option : Agriculture et Environnement en régions arides

**Effet des produits phytosanitaires et les engrais, sur
l'abondance des métaux lourds (Cu, Zn) dans le sol et le
végétal dans la région de Biskra.**

Par

Hichem AISSAOUI

Soutenu le : 12/02/2012

Jury:

Président	BELHAMRA Mohamed	Professeur	(Univ. Biskra)
Promoteur	BARKAT Djamel	Professeur	(Univ. Biskra)
Examineur	OMARI Mahmoud	Professeur	(Univ. Biskra)
Examineur	DEBABECHE Mahmoud	Professeur	(Univ. Biskra)

Année Universitaire : 2010 – 2011



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes proches de mon cœur, surtout à mes chers parents Zeineb et Saleh pour toutes les souffrances qu'ils ont endurées pour assurer une bonne éducation, et permettent une vie décente aussi pour m'avoir soutenu avec leurs encouragements et leurs conseils précieux.

A mes frères (Hakim, Toufik et Fares) et mes sœurs (Zoubida, Nadia et Hakimâ) et à leurs petites familles (Rachid, Raouf, Fouzi, Roumaïssa, Salsabil et Mouhamed) (Hafida, Souhaïbe, Ayade et Nour hanne) et Lotfi.

A toute la famille de Mokhtari surtout Azouz et leurs familles et Saïd et leur famille (Djamila et Sami), la famille de Quelfen Stimen (Elkamla, Fouzi, Samira, Aziz, Amer, Amira et Amal).

A mes amis dans toute le long de cycle d'étude.

A toute la promotion 2008 /2009 « agriculture et environnement en régions arides ».

A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.

A tous l'étudiant de département d'Agronomie.

A toutes les personnes proches de mon cœur qui sont oublier par mon créant mais ne sont pas oublier par mon cœur.

A mon pays (Algérie spécialement El-Aouress (Batna)).

Aissaoui Hichem

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant, de mes avoir aidé toutes ces années d'étude et mes avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer notre travail.

Il m'est agréable de rendre hommage et d'exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui ont manifesté de l'intérêt et m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je dois remercier particulièrement:

Monsieur Djamel BARKAT, Professeur à l'Université de Biskra, pour avoir accepté de diriger cette thèse tout le long de sa réalisation.

Monsieur Kamel GUIMEUR co-directeur de thèse : d'avoir bien voulu assurer la direction de cette thèse, de l'avoir encadrée et d'avoir mis à mon disposition tous les moyens et matériels nécessaires pour accomplir ce travail.

Je dois également exprimer ma gratitude à:

Monsieur Mohamed BELHAMRA, Professeur à l'Université de Biskra pour avoir fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

Monsieur Mahmoud OMARI, Professeur à l'Université de Biskra, d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse.

Monsieur Mahmoud DEBABECHE, Professeur à l'Université de Biskra, d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse.

Le personnel technique du laboratoire et de la bibliothèque du département d'agronomie, université de Biskra pour votre soutien lors de ces trois années. Je voudrais citer à ce titre M^{elle} Hiouani Fatima, Mr. Drouai Hakim, M^{elle} REFRAFI Farida et ZERARI Dalila qui n'a cessé de mettre à mon disposition tout le matériel disponible pour la réalisation de ce travail.

Au personnel du département d'agronomie.

Mes amis et tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Merci à la grande famille des agronomes.

Alissaoui Hichem

Numéro du tableau	Titre du tableau	Page
Tableau 01	Les valeurs de facture de transfert de certains métaux lourds du sol vers les plantes.	13
Tableau 02	Éléments nutritifs principaux et éléments nutritifs à l'état de traces, pour les plantes.	22
Tableau 03	Quelques produits phytosanitaires (fongicides) et les engrais à base de Cu^{++} et Zn^{++} les plus utilisés dans la région de Biskra	28
Tableau 04	Les altitudes et les coordonnées géographiques des sites étudiés	31
Tableau 05	Période de prélèvement des échantillons du sol, l'eau et le végétal	41
Tableau 06	Analyses de routine du sol	43
Tableau 07	Analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation	51
Tableau 08	Analyses des métaux lourds de végétal	53
Tableau 09	Analyses physico-chimiques des sols avant traitement	54
Tableau 10	Effet de lixiviation des matières organiques sur les caractéristiques physico-chimiques du sol de la région du M'ziaa	59
Tableau 11	Effet de lixiviation des matières organiques sur les caractéristiques physico-chimiques du sol de la région d'El-ghrous	61
Tableau 12	Effet de lixiviation des matières organiques sur les cations solubles des sols de la région du M'ziaa	64
Tableau 13	Effet de lixiviation des matières organiques sur les cations solubles des sols de la région d'El-ghrous	66
Tableau 14	Effet de lixiviation des matières organiques sur les anions des sols de la région du M'ziaa	69
Tableau 15	Effet de lixiviation des matières organiques sur les anions des sols de la région d'El-ghrous	71
Tableau 16	Effet de lixiviation des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) des sols de la région du M'ziaa	74
Tableau 17	Effet de lixiviation des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) des sols de la région d'El-ghrous	76

Listes des figures

Numéro de la figure	Titre de la figure	Page
Figure 1	Origine des métaux lourds dans le sol	09
Figure 2	Situation géographique de la zone d'étude	30
Figure 3	Précipitations mensuelles pour la période (2000 - 2010).	31
Figure 4	Températures mensuelles pour la période (2000 - 2010)	32
Figure 5	Vitesse moyenne des vents pour la période (2000 à 2010).	33
Figure 6	Humidité relative moyenne pour la période (2000 à 2010)	33
Figure 7	L'évaporation moyenne pour la période (2000 à 2010).	34
Figure 8	Le nombre moyen des heures d'insolation pour la période (2000 à 2010).	34
Figure 9	Digramme ombrothermique de Gaussen pour la période 2000-2010	35
Figure10	Courbe d'Emberger de la région de Biskra (2000 – 2010)	37
Figure11	Prélèvement du sol par une tarière	41
Figure12	Schéma expérimental des colonnes de lixiviation	47

Table des matières

Pages

Introduction générale	01
------------------------------------	----

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre « 1 » *la pollution et les métaux lourds*

Introduction.....	03
I- La pollution.....	03
I.1-Définition de la pollution.....	03
I.2-Sources de la pollution.....	03
I.3-Classification des pollutions.....	04
I.3.1- Pollutions physiques.....	04
I.3.2- Pollutions chimiques.....	04
I.3.3- Pollutions biologiques.....	04
I.3.4- Nuisances esthétiques.....	04
1.4- Pollution des sols.....	04
I.4.1- Source de la pollution des sols.....	05
I.4.1.1- par le fond pédo-géochimique naturel.....	05
I.4.1.2- Par voie atmosphériques.....	05
I.4.1.3- Par épandage des déchets.....	05
I.4.1.4- Avec les apports de phosphates.....	05
I.4.1.5- A la suite de l'utilisation de pesticides (minéraux et organiques).....	05
I.4.1.6- Au sein de sites pollués	06
II- Métaux lourds.....	06
II.1- Définition des métaux lourds.....	06
II.2- La spéciation des métaux dans les sols.....	07
II.3- Rôle des Métaux lourds.....	08
II.4- Origine de la contamination des sols par les métaux lourds.....	08
II.4.1- Origine naturelle.....	08
II.4.2- Origine anthropique.....	09
II.5- Mobilité et biodisponibilité des métaux lourds.....	09
II.5.1- Mobilité.....	10

II.5.2- Biodisponibilité.....	10
II.5.3- Influencent des caractéristiques physico-chimiques du sol sur la disponibilité des éléments mineurs.....	10
II.6- La phytotoxicité par des oligo-éléments.....	11
II.6.1- Effet des métaux lourds sur l'environnement.....	12
II.6.2- Effet des métaux lourds sur les plantes.....	12
III- Caractéristiques de quelques métaux lourds.....	14
III.1- Le cuivre.....	14
III.1.1- Cuivre total dans le sol.....	14
III.1.2 -Différentes formes d'un même élément.....	14
III.1.3 - Causes de déficience en cuivre.....	15
III.1.4 - Correction de la déficience en cuivre.....	15
III.1.5 -Excès du cuivre.....	15
III.1.6 -Les plantes sensibles et symptômes de carences en cuivre.....	15
III.2- Le zinc.....	16
III.2.1- Zinc total dans le sol.....	16
III.2.2- Solubilité du Zinc.....	16
III.2.3 - Mobilité du Zinc.....	16
III.2.4 - Causes de déficience.....	17
III.2.5 - Les symptômes de déficience en zinc.....	17
III.2.6 - Excès de zinc.....	18
III.2.7 -Les plantes sensibles et symptômes de carences en zinc.....	18

Chapitre « 2 » *Les produits phytosanitaires et les engrais*

Introduction.....	19
I- Les produits phytosanitaires.....	19
I.1-Définition des produits phytosanitaires.....	19
I.2-Conception des produits phytosanitaires.....	20
I.3-Classification des produits phytosanitaires.....	21
I.4-Intérêt de la protection des cultures.....	21
II- Les engrais.....	22
II.1-Définition des substances nutritives.....	22
II.2-Définition des engrais.....	23
II.3-Définition des engrais commerciaux.....	23

II.4-Présentation des engrais minéraux.....	24
II.5-Importance des engrais.....	24
II.5.1-Importance d'épandage d'engrais.....	24
II.5.2- Types d'épandage.....	24
II.6-Types des engrais.....	25
II.7 - Amélioration de la mobilité des métaux et de lessivage par les amendements organiques.....	26
II.7.1 - Chélateurs synthétiques.....	26
II.7.2 - La litière de volaille.....	27
III- Quelques produits phytosanitaires (fongicides) et les engrais à base de Cu^{++} et Zn^{++} les plus utilisés dans la région de Biskra.....	27
Synthèse.....	29

Partie II : Matériels et méthodes d'études

Chapitre « 1 » *Matériels d'études*

1 - Situation et superficie des sols étudiés.....	30
2 - Étude climatique.....	31
2.1 - Les précipitations.....	31
2.2 - Les températures.....	32
2.3 - Les vents.....	32
2.4 - L'humidité relative.....	33
2.5 - L'évaporation.....	34
2.6 - L'insolation.....	34
3 - classement du climat.....	35
3.1 - Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	35
3.2 - Climagramme d'EMBERGER.....	36
4 - Relief.....	37
5 - Les ressources en eau.....	38
5.1 - L'hydrologie superficielle.....	38
5.2 - L'hydrogéologie.....	38
6 - La géologie.....	38
7 - Végétation.....	39
Conclusion.....	39

Chapitre « 2 » Méthodes d'études

1- Choix de terrain.....	40
2 - Méthodes d'échantillonnages.....	40
2.1 - Pour le sol.....	40
2.2 - Pour l'eau.....	41
2.3 - Pour le végétale.....	41
3 - Etude au laboratoire.....	42
3.1 - Préparation des échantillons du sol.....	42
3.2 - Analyse de routine.....	43
3.3 - Dosage des métaux lourds (Cu, Zn) par l'acétate d'ammonium en présence d'EDTA.....	44
3.3.1- Pour le sol.....	44
3.3.2- Pour L'eau.....	45
3.3.3- Pour le végétal.....	45
3.4 - Etude de l'influence des matières organiques sur les caractéristiques physico- chimique du sol	46
3.4.1 - Description des colonnes de lixiviation.....	46
3.4.2 - Caractérisation des matières organiques.....	47
4 - Préparation des traitements des matières organiques.....	48
4. 1- Traitements « sol – matière organique »	48
4. 2 - Traitements « sol - eau distillée ».....	49

Partie III : Résultats et discussions

Chapitre « 1 » Caractérisation physico-chimiques de l'eau, le sol et le végétal

Introduction.....	50
1 - Caractérisation physico-chimiques initiales de l'eau, le sol et le végétal.....	51
1.1 - Caractérisation physico-chimiques des eaux d'irrigations.....	51
1.2 - Caractérisation chimiques de végétal.....	53
1.3 - Caractérisation physico-chimiques des sols avant traitement.....	54

Chapitre « 2 » *Expérience de lixiviation*

2- Expérience de lixiviation.....	58
2. 1 - Influence des matières organiques sur les propriétés physico-chimiques du sol	58
2. 1.1 - Influence des matières organiques sur le pH, Mo, CE et CaCO ₃ du sol....	58
2. 1.1.1 – Site 01.....	58
2. 1.1.2 – Site 02.....	61
2. 1.2 - Influence des matières organiques sur les cations solubles du sol.....	64
2. 1.2.1 – Site 01.....	64
2. 1.2.2 – Site 02.....	66
2.1.3 - Influence des matières organiques sur les anions du sol.....	69
2. 1.3.1 – Site 01.....	69
2. 1.3.2 – Site 02.....	70
2.1.4 - Influence des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) du sol	74
2.1.4.1 – Site 01.....	74
2.1.4.2 – Site 02.....	76

Chapitre « 3 » *Etude statistique*

1– Relation entre les matières organiques et les caractéristiques physico-chimiques du sol	79
2.1 – Relation entre l'EFV, la profondeur et les caractéristiques physico-chimiques du sol	79
2.1.1 – Site 01.....	79
2.1.2 – Site 02.....	80
2.2 – Relation entre l'EDTA, la profondeur et les caractéristiques physico-chimiques du sol	82
2.2.1 – Site 01.....	82
2.2.2 – Site 02.....	84

Conclusion générale.....	86
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes



Introduction générale

En Algérie, les zones arides représentent 95% du territoire national dont 80% dans le domaine hyperaride où la pluviométrie ne dépasse pas plus de 100 mm. Dans ces zones, plus de 95% des sols sont soit calcaires, soit gypseux soit salsodique (Halitim, 1988).

Actuellement, l'explosion démographique qui va de paire avec la demande en produits alimentaires impose à développer des ressources agricoles par le biais de la mise en valeur de ces zones.

Dans les zones à climat aride et semi aride, de nombreux programmes de développement ont été entamés pour palier aux besoins de la population et de relancer l'agriculture dans ces régions, ce qui contribue à une extension rapide des superficies consacrées à diverses cultures.

Chaque année, d'importantes quantités d'engrais et d'amendements minéraux ou organiques sont appliquées sur les sols afin d'accroître leur productivité (Charbonneau et *al* in Giroux et *al.* 2005). En revanche, la consommation continue à croître dans le Tiers-monde. Entre 1970 et 2000, l'usage des engrais a augmenté de 450% en Asie, de 200% en Amérique latine et de 100% en Afrique (Ramade, 2005).

Mais certains engrais de ferme et certaines matières fertilisantes contiennent des teneurs relativement importantes d'élément trace métallique. ET leurs applications répétées, conduit à une pollution des sols et la biomasse par les impuretés qu'il renferme. C'est le cas notamment des lisiers de porcs (Giroux et *al.* 2005), Les pesticides minéraux ou organiques. (Ramade, 1982), les fumiers de volailles et les boues d'épuration municipales. Et peuvent potentiellement modifier les charges et la distribution de ces métaux dans les différentes fractions des sols, affecter à long terme les caractéristiques physico-chimiques des sols récepteurs et perturber les équilibres sol-solution. (Giroux et *al.* 2005).

D'après (Laurent in Messadek, 1998) La pollution est un problème universel parce qu'elle ne concerne pas seulement une ville, une région ou un territoire mais la planète entière. (Laurin in Messadek, 1998) Au cours de ces dernières années, la pollution de l'environnement tel

que le rejet d'effluents industriels, les polluants atmosphériques, les pesticides et les engrais agricoles....etc, compte parmi les problèmes importants qui préoccupent tous les pays où l'industrie connaît un développement plus ou moins élevés.

Du point de vue agricole, la wilaya de Biskra est caractérisée par la phœniciculture, la plasticulture introduite dans les années 1990 et le maraîchage qui font leur extension dans le cadre du développement agricole. (ANAT, 2003). Cette activité agricole exige aux agriculteurs d'appliqués tous les facteurs d'intensification de l'agriculture moderne notamment l'utilisation des produits phytosanitaires et les engrais pour augmenté les rendements.

L'utilisation abusif et non contrôlé des engrais et les produits phytosanitaires par la quasi totalité des agriculteurs, et dans l'absence pratiquement totale des structures de suivi et de contrôle sur l'utilisation et l'effet secondaire des produits phytosanitaires et les engrais sur le sol, l'eau, le végétal et sur la santé des êtres vivants. Dans se cadre s'inscrit notre travail qui visent à étudier les effets de quelques matières organiques sur la mobilisation du zinc et du cuivre dans le sol en fonction des paramètres essentiel des sols, de la région de la wilaya de Biskra à usage abusifs des produits phytosanitaires et les engrais. L'étude comporte les volets suivants :

Le premier consiste à identifier et quantifier les teneurs initiales des paramètres physico-chimiques dans le sol avant traitements par des solutions des matières organiques.

Le second volet a pour objectif de suivre la mobilité des métaux lourds après l'application des traitements des solutions des matières organiques visant à accroître la mobilité des métaux lourds.

La finalité du travail est d'évaluer le potentiel des matières organiques utilisées sur la mobilité des métaux lourds, et leurs effets dans une application réelle, surtout avec l'utilisation abusif des produits phytosanitaires et les engrais.

Le travail de cette thèse sera donc développé en trois parties :

- La première partie, présentera d'une synthèse bibliographique.
- Dans une seconde partie, traitera les moyens et les méthodes utilisées pour la réalisation de notre travail.
- La troisième partie, sera réservée aux résultats et à leurs interprétations.

Enfin, une conclusion qui résumera le comportement des métaux lourds dans les sols.



Partie I:
Synthèse bibliographique

A decorative graphic of a scroll, with a grey shaded area at the top left and bottom left corners, and a white area at the top right corner. The scroll is outlined in black and has rounded ends.

Chapitre « 1 »

La pollution et les métaux lourds

Introduction

Le sol recueille de nombreux produits issus de l'activité naturelle de la Terre (volcanisme) et de l'activité humaine (industrielle, agricole, domestique...). Parmi tous ces produits, certains métaux lourds sont indispensables à la vie du sol (cuivre, zinc), mais ce n'est pas le cas pour d'autres (plomb, mercure, cadmium). Tous sont toxiques à des doses plus ou moins élevées (Lamy *et al.*, 2006).

I- La pollution

I.1-Définition de la pollution

D'après (Ramade, 1989 in Stengel et Gelin, 1998) la pollution est une modification défavorable du milieu naturel. (Mazoyer, 2002) en modifie les composantes physiques, chimiques ou biologiques. (Ramade, 1989 in Stengel et Gelin, 1998) qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques.

La pollution comprend des notions à la fois qualitatives et quantitatives. Ainsi à coté des polluants artificiellement par les activités humaines (Viala, 1998).

I.2-Sources de la pollution

Selon (Viala, 1998) Les principales sources de pollution actuellement sont:

a- la production de l'énergie ; elle fait appel aux combustibles fossiles, l'énergie nucléaire et la pollution thermique.

b- les activités de l'industrie chimique ; l'industrie chimique peut rejeter, notamment dans l'air et dans les eaux, des quantités plus ou moins importantes de produits les plus divers.

c- les activités agricoles ; les engrais et les pesticides sont massivement utilisés à l'heure actuelle en vue d'augmenter et intensifier les rendements agricoles.

I.3-Classification des pollutions

Selon (Viala, 1998) Pour la classification classique le phénomène de pollution envisageant ce qui se passe au niveau du sol, de l'air et de l'eau. Mais, actuellement, elle peut se faire selon la nature du facteur ou d'agent polluant considéré :

I.3.1- Pollutions physiques

- Radionucléides actifs (émission de rayonnements)
- Caléfaction (pollution thermique)
- Bruit et vibrations à basse fréquence (infrasons)

I.3.2- Pollutions chimiques

Parmi les principaux polluants impliqués dans la pollution chimique :

Dérivés gazeux du carbone et hydrocarbures liquides, matière plastiques, pesticides, les métaux lourds,... etc.

I.3.3- Pollutions biologiques

- Contamination biologique des milieux inhalés et ingérés (bactéries, virus, pollens, etc).
- Modification des biocénoses par introduction intempestive d'espèces animales et végétales.

I.3.4- Nuisances esthétiques

- Dégradation des paysages et des sites par l'urbanisation « sauvage » ou un aménagement mal conçu.
- Implantation d'industrie ou autres activités dans les biotopes vierges ou peu modifiés par l'homme.

1.4- Pollution des sols

D'après (Bliefert et Perraud, 1997) les pollutions du sol peuvent apparaitre de différentes manières. Une grande partie des composés, qui ont de l'influence sur les sols et sur les organismes qu'ils contiennent.

I.4.1- Source de la pollution des sols

D'après (Mazoyer, 2002) les causes de la pollution des sols liées à l'activité agricole proviennent essentiellement de l'existence, dans les produits utilisés pour fertiliser ou traiter les cultures, de différents composés toxiques. Ces derniers sont souvent présents en très petites quantités, mais leur accumulation lente peut entraîner la contamination de certains sols cultivés, ces substances sont en effet très peu mobiles dans le sol et sont peu absorbées par les plantes.

Selon (Stengel et Gelin, 1998) Ces produits toxiques parviennent-ils aux sols par différentes voies :

I.4.1.1- Par le fond pédo-géochimique naturel

Les sols comportent naturellement des éléments traces métalliques, héritage de la roche mère. Ces éléments sont en partie absorbés par les racines des plantes puis libérés plus tard dans le sol.

I.4.1.2- Par voie atmosphériques

En plus de ses composants gazeux, l'atmosphère contient des particules, les aérosols, qui proviennent de sources variées, naturelles ou liées aux activités humaines.

I.4.1.3- Par épandage des déchets

La matière organique, les éléments fertilisants et les boues d'épuration contiennent souvent des substances toxiques, en particulier des métaux à l'état de trace qu'il est actuellement impossible d'extraire dans des conditions techniquement et économiquement acceptables.

I.4.1.4- Avec les apports de phosphates

Une étude réalisée sur des parcelles témoins, existant depuis 1929 sur le domaine de l'INRA à Versailles, a confirmé que la contribution des engrais phosphatés représente une part importante de la pollution totale en cadmium des sols qui ne reçoivent pas d'autres épandages.

I.4.1.5- A la suite de l'utilisation de pesticides (minéraux et organiques)

Parmi les sources de contamination diffuse les matières fertilisantes et les produits de traitements des cultures. Les engrais issus de gisements minéraux et les amendements organiques apportent des quantités significatives d'éléments traces. De nombreux traitements pesticides contribuent à la contamination des sols. Des études récentes indiquent que les pesticides organiques

actuellement utilisés peuvent perturber l'activité microbienne dans le sol pendant quelques semaines.

I.4.1.6- Au sein de sites pollués

Les sites pollués sont des sites dont le sol ou le sous-sol ou les eaux d'irrigations ont été pollués localement par d'anciens dépôts de déchets ou par l'infiltration de substances polluantes. Les sols comportent naturellement des éléments-traces métalliques, héritage de la roche mère et des retombées atmosphériques d'origine naturelles.

II- Métaux lourds

II.1- Définition des métaux lourds

D'après (Baker et Walker in Huynh, 2009).Le terme métaux lourds, « heavy metal », implique aussi une notion de toxicité. Le terme « éléments traces métalliques » est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement. (Stengel et Gelin, 1998) Ces éléments traces peuvent donc être des métaux (ex: Cd, Cs, Cu, Ni, Pb, Zn...) ou des éléments non métalliques (ex: F, Cl, B, I...). Leurs propriétés de toxicités expliquent ainsi la connotation négative du terme « métal lourd ». Ils peuvent se trouver dans l'air, dans l'eau et dans le sol (Bliefert et Perraud, 1997).

Selon (Anfossi et *al.*, 1997) Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser.

- D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être également définis comme :

- tout métal ayant une densité supérieure à 5,
- tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium ($Z=11$),
- tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

- Le géologue, par exemple, considérera comme métal lourd tout métal réagissant avec la pyrimidine (C_6H_5N).

- Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité.

De point de vue biologique, on en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : Les métaux essentiels et les métaux toxiques (Loué in Huynh, 2009).

Conventionnellement, les éléments traces sont les 68 éléments chimiques naturels, la concentration moyenne dans la croûte terrestre pour chacun d'entre eux, inférieur à 0,1 pour mille. Ils ne représentent à eux tous que 0,6% du total, alors que les 12 éléments majeurs interviennent par 99,4% (Baize, 2000).

II.2- La spéciation des métaux dans les sols

D'après (Deneux-Mustin et *al.*, 2003) Les éléments sont rarement présents à l'état libre dans la solution du sol, qui contient de nombreux ligands inorganiques et organiques d'origine naturelle ou anthropique pouvant former des complexes. De ce fait, les éléments solubles subissent des transformations chimiques qui dépendent de leur réactivité propre, de la forme sous laquelle ils sont introduits et, des propriétés physico-chimiques du sol. Il convient d'envisager aussi les processus biologiques (essentiellement microbiens) qui catalysent, orientent et contrôlent la plupart des processus physicochimiques dans les sols.

Les métaux qui arrivent au sol peuvent être distribués entre les différents compartiments du sol (dissous et solides) (Le coz et *al.*, 1996) :

- Adsorbés à la surface des minéraux argileux, oxydes de fer et manganèse, et à la matière organique.
- Présents dans le réseau des minéraux secondaires comme carbonates et sulfates.
- Occlus dans des matériaux amorphes comme les oxyhydroxydes de fer et manganèse, sulfures de fer et débris organiques.
- Présents dans les réseaux des minéraux primaires.

Dans les sols, les éléments peuvent être présents sous différents statuts chimiques : forme ionique hydratée, forme complexée avec les ligands organiques ou inorganiques (Deneux-Mustin et *al.*, 2003).

II.3- Rôle des Métaux lourds

Les métaux présents dans l'eau et l'environnement terrestre sont des éléments nécessaires au fonctionnement normal des plantes et des animaux. Ils jouent un rôle important dans (Verbanck in Guemaz, 2006) :

- La transformation de la matière, principalement dans les mécanismes enzymatiques.
- Aussi (Stengel et Gelin, 1998) du fait de leur toxicité, ils sont également employés, ou l'ont été, pour la protection des cultures (pesticides), dans des peintures de coques de bateaux, etc.

II.4- Origine de la contamination des sols par les métaux lourds

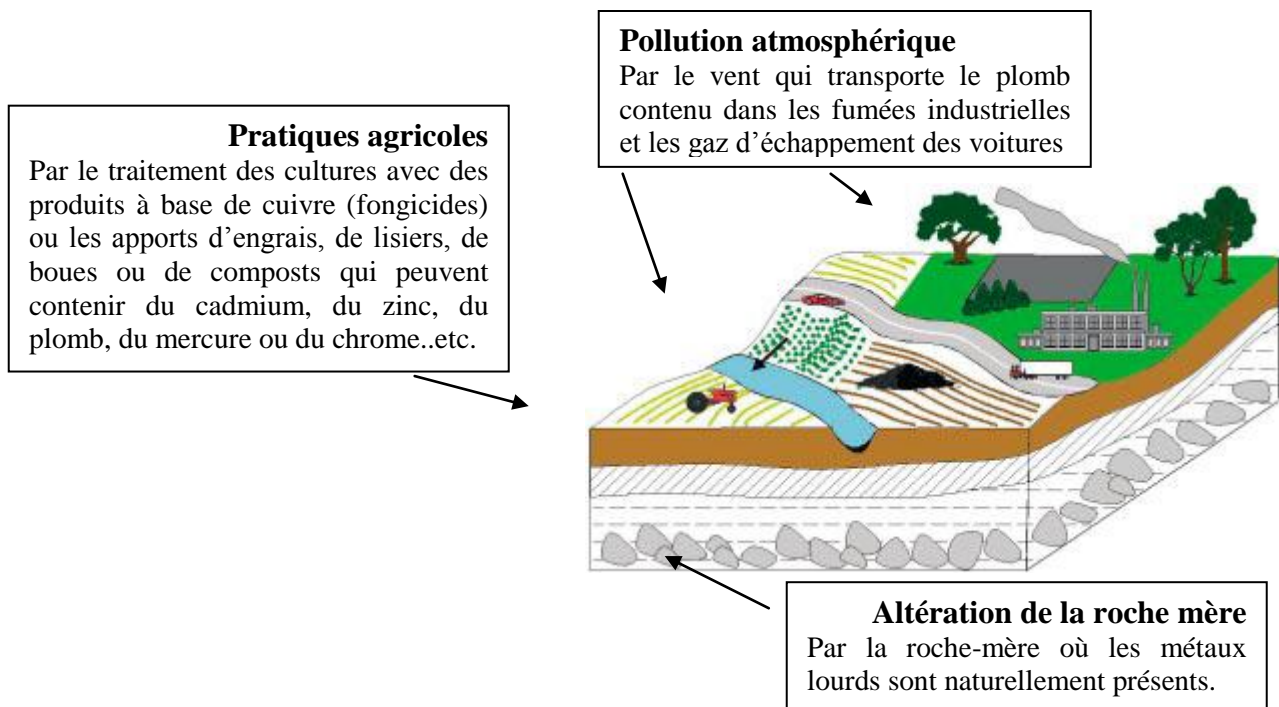
D'après (Robert et Juste in Huynh, 2009) Leur présence dans les sols peut être naturelle ou anthropogénique (voir la Figure 1)

II.4.1- Origine naturelle

Les métaux lourds sont présents naturellement dans les roches, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique (Bourrelrier et Berthelin in Huynh, 2009). La concentration naturelle de ces métaux lourds dans les sols varie selon la nature de la roche, sa localisation et son âge. (Baize ,2000) Ce fond pédo-géochimiques local résulte des phénomènes naturels géologiques, pédogénétiques et autres.

II.4.2- Origine anthropique

La source majeure de contamination est d'origine anthropique. Au cours des décennies dernières, l'apport de métaux lourds au sol dans le monde s'est étendu ; à l'heure actuelle on l'estime à 22000 tonnes de cadmium, 939000 tonnes de cuivre, 783000 tonnes de plomb, et 1350000 tonnes de zinc (Singh et *al.* in Huynh, 2009). Les principaux types de pollutions anthropiques responsables de l'augmentation des flux de métaux, sont la pollution atmosphérique (rejets urbains et industriels), la pollution liée aux activités agricoles et la pollution industrielle (Baize in Huynh, 2009).



(Source: Anonyme, 2001)

Figure 1: Origine des métaux lourds dans le sol

II.5- Mobilité et biodisponibilité des métaux lourds

Le sol est une matrice complexe qui exerce un effet tampon important sur les équilibres entre les éléments traces métalliques du sol et ceux en solution. Il est important que le sol conserve cette capacité régulatrice, qui protégé la chaîne alimentaire des risques de contamination. Ce sont principalement la matière organique et l'argile qui permettent au sol de régulariser la mobilité et la biodisponibilité des éléments traces métalliques (Giroux et *al.* 2005).

II.5.1- Mobilité

Le terme mobilité c'est l'aptitude d'un élément à passer d'un compartiment du sol où il est retenu avec une certaine énergie dans un autre, où il est retenu avec une moindre énergie (Baize, 2000).

II.5.2- Biodisponibilité

Le terme biodisponibilité c'est l'aptitude d'un élément à passer d'un compartiment quelconque du sol dans un être vivant (bactérie, végétal, animal, homme) (Baize, 2000).

II.5.3- Influencent des caractéristiques physico-chimiques du sol sur la disponibilité des éléments mineurs

La plupart des composés organiques et minéraux du sol (argile, oxydes, matières organiques) possède des charges positives ou négatives de surface qui peuvent jouer un rôle dans l'échange et l'adsorption d'ions ou de molécules organiques (Deneux-Mustin et *al.*, 2003).

Selon (Tran et *al.*, 1995) Pour les éléments mineurs, leur disponibilité potentielle dépend des types de sols et particulièrement leurs caractéristiques physico-chimiques. (Deneux-Mustin et *al.*, 2003) Les facteurs les plus importants sont :

1- Influence du pH

De façon très générale, lorsque les éléments sont chimiquement stables sous forme de cations, leur solubilité diminue lorsque le pH augmente. Les variations de pH induisent aussi la formation de phases solides précipitées (hydroxydes et oxyhydroxydes) qui d'une part, peuvent limiter la solubilité et la disponibilité des éléments, et d'autre part, servir par nucléation de processus à la formation d'espèces minérales plus stables immobilisant les éléments. Toutefois, l'amplitude des variations du pH est largement pondérée par la nature des constituants organiques ou minéraux du sol et des changements de régime hydriques ou thermiques imposés par le climat.

2- Influence du potentiel rédox

Les équilibres rédox interviennent aussi dans la mobilité des ions en solution dans le sol. Le potentiel d'oxydoréduction ou potentiel rédox permet de définir les conditions oxydoréductrices du milieu et de préciser les espèces chimiques les plus probables. Les espèces oxydées existent en général pour des potentiels élevés alors que les faibles valeurs de potentiel rédox favorisent l'apparition des espèces réduites.

Le potentiel rédox varie selon les sols et, pour un même sol, selon les conditions locales. Ses valeurs vont d'un maximum d'environ +600mV (conditions oxydantes) à un minimum d'environ -300mV (conditions très réductrices). Pour un sol donné, le potentiel rédox du pH (il augmente quand le pH diminue), de la présence de substances organiques acides (les pluviollessivats peuvent diminuer temporairement le potentiel rédox), de l'hydromorphie (abaissement du potentiel rédox par diminution de la pression partielle en oxygène).

3- Influence des ligands minéraux et organiques

Dans les sols, la solubilité des éléments cationiques est limitée par la formation de sulfates, de phosphates, d'oxyhydroxydes et de carbonates en fonction du pH. L'aptitude à la complexation des éléments par des ligands organiques dépend de nombreux paramètres comme du rapport des concentrations ligand/métal, mais aussi du pH.

Les ligands organiques peuvent aussi modifier profondément la spéciation et la réactivité des cations. La complexation par des acides carboxyliques de faible masse moléculaire accroît généralement la mobilité d'éléments cationiques tels que les métaux.

II.6- La phytotoxicité par des oligo-éléments

D'après (Coïc et Coppenet, 1989) les phytotoxicités dues aux oligo-éléments peuvent être naturelles ou provoquées par l'homme. (Babich in Huynh, 2009) Cette toxicité dépend de sa spéciation (forme chimique) autant que des facteurs environnementaux.

Selon (Mijno, 2007) La présence simultanée de plusieurs métaux peut engendrer une toxicité supérieure à celle de chaque métal séparé. Par exemple, le zinc, le cadmium et le cuivre sont toxiques aux faibles pH et agissent en synergie pour inhiber la croissance des algues et affecter les poissons.

(Aurousseau in Giroux et *al.* 2005) Actuellement, le phénomène d'accumulation des éléments traces métalliques dans les sols agricoles est observé principalement pour le cuivre et le zinc à cause de leurs teneurs élevées dans certains engrais de fermes et certaines matières résiduelles fertilisantes.

II.6.1- Effet des métaux lourds sur l'environnement

La composition des sols qui détermine aussi la quantité des métaux lourds retenus. Les sols légers sont très peu pollués en métaux lourds : ces sols, ne contenant que de faibles quantités d'argiles et de composés humiques, ont un pouvoir d'adsorption faible vis-à-vis des métaux lourds. C'est la raison pour laquelle la pollution par les métaux lourds est plus élevée dans les sols lourds que dans les sols légers (Bliefert et Perraud, 1997).

Sur l'environnement, il a un effet neurologique sur le comportement (mésos-faune et macro-faune); il inhibe l'activité microbienne dans la décomposition de la matière organique. Le zinc n'a pas d'effet cancérigène par voie orale ou par inhalation. Dans l'environnement, le zinc perturbe l'écosystème forestier au niveau de la décomposition de la matière organique et du recyclage des nutriments (Mijno, 2007).

II.6.2- Effet des métaux lourds sur les plantes

Les plantes, comme les invertébrés, réagissent de façon différente selon les variétés. Certaines sont peu ou pas tolérantes et meurent au contact des métaux lourds. D'autres ont des réactions de défense, et freinent l'absorption en sécrétant des acides qui vont augmenter le pH et par conséquent réduire la mobilité des éléments traces. D'autres enfin, sont tolérantes aux métaux, et même les accumulent, les concentrent (Gérard Miquel, 2001).

En général, lorsque les teneurs en métaux lourds et autres polluants augmentent dans les sols, ces teneurs augmentent aussi dans les plantes. Le transfert des métaux lourds des sols aux plantes peut s'évaluer à l'aide de l'indice de transfert F , défini comme le quotient de la concentration des métaux dans les plantes sur la concentration des métaux dans le sol (Bliefert et Perraud, 1997).

$$F = \frac{\text{Concentration du métal dans les plantes}}{\text{Concentration du métal dans les sols}}$$

Ce facteur ne donne qu'un ordre de grandeur pour décrire le transfert de certains métaux lourds du sol dans les plantes. Les valeurs de F se situent entre 0.001 et 10 (tableau 01).

Tableau 1 : Les valeurs de facteur de transfert de certains métaux lourds du sol vers les plantes.

Elément	Facteurs de transfert (F)	Mobilité des ions
Pb, Hg, Co, Cr	0.001...0.1	Faible
Ni, Cu	0.1...1.0	Modérée
Zn, Cd, Ti	1.0...10	Bonne

(Source : Bliefert et Perraud, 1997)

Le transfert des métaux lourds du sol aux plantes diffère d'un métal à l'autre, aussi influencé par la nature du sol : lorsque la teneur en humus ou en argile est élevée, les métaux lourds restent plus solidement liés dans le sol, une valeur de pH élevée est responsable d'une augmentation de la concentration des métaux lourds dans le sol sous forme d'hydroxydes ou de complexes faiblement mobiles ; dans les deux cas, de petites quantités d'ions de métaux lourds se trouvent disponibles pour les racines.

III- Caractéristiques des métaux lourds

III.1- Le cuivre

III.1.1- Cuivre total dans le sol

D'après (Loué, 1993) Les teneurs total variant de 3 à 100 ppm suivant les sols ayant reçu de nombreux traitements anticryptogamiques à base de Cu. La teneur en Cu total d'un sol est reliée à celle de la roche mère. (Baize, 2000) et selon les auteurs.

Les teneurs totales en cuivre inférieur ou égale à 7ppm entraînent des carences cupriques et, en revanche, des toxicités apparaissent au-delà de 180 ppm (Coic et Coppenet in Baize, 2000).

III.1.2 -Différentes formes d'un même élément

Dans les roches de l'écorce terrestre, Cu se trouve principalement sous forme de sulfures, soit sulfures simples soit sulfures complexes comportant d'autres métaux, la forme la plus courante dans le sol est l'ion divalent Cu^{++} , peu mobile car fortement adsorbé sur le complexe argilo-humique, particulièrement par la matière organique (Loué, 1993).

Une analyse approfondie conduirait à distinguer chaque forme, chaque espèce chimique: c'est la spéciation (Baize, 2000)

Voici à titre d'exemple, les diverses formes chimiques du cuivre que l'on peut trouver dans les sols.

Complexes	citrate, fulvate, humate, oxalate, etc.
Anions	HCuO_2^- ; $\text{Cu}(\text{CO}_3)_2^-$
Cations	Cu^{++} ; CuOH^+ (ion hydroxo)
Espèce neutres	CuCO_3 (carbonate) ; $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (hydroxyde).

III.1.3 - Causes de déficience en cuivre

Les principaux facteurs susceptible de favoriser l'apparition de déficiences de Cu sont les suivants (Loué, 1993) :

Les faibles réserves du sol en Cu total ou la mauvaise disponibilité de Cu du sol pour les plantes, le pH du sol, les interactions avec d'autres éléments fertilisants, type de sols déterminés ou des sols développés sur une roche mères pauvres en cuivre.

III.1.4 - Correction de la déficience en cuivre

Pour corriger les déficiences de Cu, on peut appliquer les engrais sous forme minérale ou organique (Loué, 1993).

III.1.5 -Excès du cuivre

Le signe le plus net de l'excès du Cu est l'induction des symptômes de la chlorose Fe, par ailleurs, la croissance est réduite, et plus particulièrement celles des racines qui sont épaisses, moins ramifiées, avec des radicelles de couleur anormalement foncée (Loué, 1993).

III.1.6 -Les plantes sensibles et symptômes de carences en cuivre

Les céréales, sauf le seigle, sont très sensibles à la carence en cuivre ainsi que les petits pois et le trèfle violet. Les graminées fourragères, sur les sols les plus déficients, peuvent extérioriser le symptôme du « bout blanc des plus jeunes feuilles » (Coïc et Coppenet, 1989).

Une carence légère affecte d'abord les organes reproducteurs, une carence grave affecte tous les organes.

Les arbres à pépins présentent des nécroses de la pointe et du bord des feuilles rappelant ainsi une carence en potasse. Les feuilles les plus jeunes tombent prématurément dans le courant de l'été laissant les extrémités des rameaux nues et desséchées, la croissance en hauteur est très perturbée.

III.2- Le zinc

III.2.1- Zinc total dans le sol

D'après (Loué, 1993) la teneur des sols en Zn total dépend beaucoup de celle de la roche mère et se situe entre 10 et 300ppm. (Baize, 2000) et selon les auteurs.

Le zinc est présent le plus souvent sous forme de sulfure (blende) dans des filons hydrothermaux et des gites stratiformes imprégnant des roches sédimentaires où il se trouve associe au plomb, au fer, et au cuivre (association blende, pyrite, Galena, chalcoppyrite).

Le zinc peut être considéré comme très mobile. Les formes les plus mobiles du zinc seraient facilement adsorbées par les constituants organiques et minéraux des sols.

III.2.2- Solubilité du Zinc

Le zinc diffère du cuivre du fait que son sulfure est plus soluble. La solubilité de Zn est particulièrement faible dans les sols à haut pH. La solubilité de Zn du sol et des minéraux Zn est maximale à pH 4 et beaucoup plus faible dans les conditions neutres et surtout alcalines. La solubilité de Zn dans les sols peut être améliorée par des engrais acidifiants (Loué, 1993).

Des études avec $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ont montré qu'en présence de fortes concentration SO_4^{-2} il y avait formation de ZnSO_4 particulièrement mobiles dans les sols et susceptible d'augmenter l'assimilabilité de Zn.

III.2.3 - Mobilité du Zinc

En comparaison de Cu, Zn est plus mobile. L'intensité de l'absorption de Zn tend à croître avec l'élévation du pH, et la mobilité de Zn se trouve nettement diminuée au-dessus de pH 7. La matière organique du sol forme des complexes très stables avec Zn et les acides fulviques et humique sont très importants dans l'adsorption du zinc. Cependant, Zn est un des métaux lourds les plus mobiles (Loué, 1993).

III.2.4 - Causes de déficience

D'après (Loué, 1993) Les principaux facteurs susceptibles d'engendrer ou d'aggraver la déficience en zinc sont soit la pauvreté naturelle des sols en zinc, soit la mauvaise assimilabilité de Zn et les conditions favorables à ces déficiences sont bien identifiées :

- Sols à bas niveau en Zn (en particulier les sols sableux acides lessivés),
- Sols pauvres en matière organiques,
- Sols calcaires (Zn du sol moins assimilable),
- Basses températures.

Mais il y a aussi des traitements du sol et des pratiques culturales qui sont susceptibles d'accroître les cas de déficience en Zn :

- Sols nettement enrichis en P par la fertilisation pratiquée (mais l'effet de P sur l'absorption de Zn varie avec les sols et les cultures et avec les niveaux P, Zn en cause),
- Système racinaire mal développé (sols compactés, sols trop souvent nivelés pour l'irrigation),
- Chaulage des sols acides à trop fortes doses,
- Fortes fertilisations N éventuellement.

III.2.5 - Les symptômes de déficience en zinc

D'une manière assez générale, les symptômes les plus permanents de la déficience en Zn sont des signes de chlorose entre les nervures, de réduction de taille et de malformation des rameaux et des feuilles. La déficience du Zn perturbe le métabolisme de l'auxine (entre-nœuds plus courts) et inhibe la synthèse de l'ARN, nuisant ainsi au développement normal des chloroplastes (Loué, 1993).

III.2.6 - Excès de zinc

D'après (Loué, 1993) En quantité excessive dans le sol, le zinc peut devenir toxique pour les plantes. La toxicité de Zn concerne généralement des sols acides ou des cultures sur solutions nutritive.

L'excès de Zn se traduit par des teneurs en Zn anormalement élevées dans la plante, supérieure à 400ppm, le déséquilibre nutritionnel peuvent en résulter et il est démontré que les teneurs des tissus végétaux en P et Fe sont diminuées.

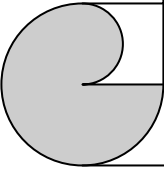
III.2.7 -Les plantes sensibles et symptômes de carences en zinc

Le *maïs* et le *lin* sont les plantes annuelles, les plus sensibles à la carence en zinc. Chez les espèces ligneuses il faut citer le pommier, le poirier, la vigne...etc. avec un symptôme commun, la « maladie des rosettes ». Les entre-nœuds sont raccourcis, les feuilles sont petites, cassantes, à bord ondulé avec parfois des plages chlorotiques ; elles sont groupées en rosettes. Les feuilles sont petites et déformés (Coïc et Coppenet, 1989).



Chapitre « 2 »

Les produits phytosanitaires et les engrais



Introduction

L'utilisation de substances phytopharmaceutiques pose des problèmes d'ordre agronomique et environnemental, en raison notamment de leur persistance dans les milieux naturels. Cette persistance est le résultat de tout un ensemble de processus physique, chimiques et biologiques qui se déroulent simultanément ou successivement dans le sol (Anonyme, 2002) .

I- Les produits phytosanitaires

I.1-Définition des produits phytosanitaires

Le terme pesticide désigne en latin *pestis*, peste; *cidere*, tuer (Fabres et al., 2005).

Selon (Stengel et Gelin, 1998) L'appellation pesticide ou produit phytosanitaire recouvre des substances de nature chimique, (Anonyme, 2002) (Ce qui exclut certains produits tels que les phéromones) (Fabres et al., 2005) toxique utilisé pour lutter contre les êtres vivants (animaux et plantes) qui sont nuisibles à l'homme, aux plantes et aux animaux qui lui sont utiles.

D'après (Anonyme, 2002) différentes dénominations aux produits phytosanitaires :

- Pesticides de l'anglais pest Fléau
- Produits anti-parasitaires à usage agricole.
- Produits pour lutter contre les ennemis des cultures.
- Produits de protections des plantes.
- Produits agrosanitaires.
- Produits agropharmaceutiques.
- Produits phytopharmaceutiques.

Aussi pour (Fabres et al., 2005) Les pesticides est une préparation contenant une ou plusieurs substances actives, (Anonyme, 2007) qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées selon le cas à:

- Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action ;
- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives ;
- Assurer la conservation des végétaux ;
- Détruire les végétaux indésirables ou les parties de végétaux ;
- Freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux, par une action chimique ou biologique.

A ce propos (Couteux et Lejeune, 2006) L'agriculture dispose d'un éventail de méthodes de lutte pour préserver ses cultures à savoir: façons culturales, choix des variétés, mesures prophylactiques, lutte biologique, lutte chimique...

C'est ainsi qu'avec des produits de plus en plus performants, toujours plus spécifiques et plus respectueux de la faune auxiliaire, de la faune sauvage, de l'environnement, la lutte chimique reste un outil essentiel et en tout cas le plus performant de la protection des plantes.

I.2-Conception des produits phytosanitaires

D'après (Anonyme, 2002) La conception des produits phytosanitaires vise à créer des molécules actives répondant à trois objectifs :

- Bloquer ou perturber une fonction vitale de l'organisme visé en agissant sur un récepteur pharmacologique.
- Atteindre ce récepteur pharmacologique et donc traverser différentes protections (couches de protection de la plante ou de l'animal, parois cellulaires) et être transporté dans l'organisme.
- Se dégrader assez rapidement pour ne pas polluer l'environnement, tout en évitant les dégradations trop rapides qui limiteraient par trop sa durée d'action.

Selon (Viala, 1998) Ils se présentent sous la forme de poudres (pour poudrages, mouillables, solubles), de granulés, d'émulsion, de préparations micro-encapsulées, de solutions dans divers solvants (kérosène, xylène, fraction de pétrole), dont l'action toxique doit aussi être considérée. Ils sont utilisés seuls ou en association avec d'autres pesticides ou synergistes.

I.3-Classification des produits phytosanitaires

D'après (Anonyme, 2002) Tenant compte des types des organismes qu'ils combattent, on peut répartir les pesticides, en quatre catégories :

Fongicides : minéraux, organiques et organo-cupriques

Herbicides : minéraux, organiques, à usage agricole ou industriel.

Insecticides : minéraux, végétaux ou organique, acaricides.

Produits divers : rodenticides agricoles, corvifuges, molluscquicides, produits de traitements de semences, nématicides.

Selon (Viala, 1998) Ces composés jouent un rôle non seulement en agriculture, mais aussi dans le domaine de la santé publique pour lutter contre les vecteurs des maladies infectieuses (éradication du paludisme par exemple).

I.4-Intérêt de la protection des cultures

Pour (Couteux et Lejeune, 2006) La protection des cultures permet de :

- Préserver le potentiel de production ;
- Régulariser les rendements ;
- Améliorer la qualité ;
- Assurer la quantité des denrées alimentaires.

II- Les engrais

II.1-Définition des substances nutritives

D'après (Bliefert et Perraud, 1997) ; Les substances nutritives sont des éléments ou des composés, que les organismes utilisent pour vivre ou se multiplier. Les substances nutritives des plantes peuvent être partagées entre les substances nutritives principales et des substances nutritives à l'état de traces ; en fonction des quantités liées à leurs besoins (Tableau 03).

Tableau 02: Éléments nutritifs principaux et éléments nutritifs à l'état de traces, pour les plantes.

Eléments nutritifs	Formes les plus importantes sous lesquelles ils sont absorbés		
Substances nutritive principes			
H	H ₂ O	} éléments nutritifs organiques	
C	CO ₂ , HCO ₃ ⁻		
O	O ₂ , CO ₂		
N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ (NH ₃ , NO _x , N ₂)	} éléments nutritifs minéraux	
P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻		
S	SO ₄ (SO ₂)		
K	K ⁺		
Mg	complexes de Mg ²⁺ , Mg ²⁺		
Ca	complexes de Ca ²⁺ , Ca ²⁺		
Substances nutritive à l'état de traces			
B	H ₂ BO ₃ ⁻ , [B(OH) ₄] ⁻ , H ₃ BO ₃		
Cl	Cl ⁻ (HCl)		
Mn	complexes de Mn ²⁺ , Mn ²⁺		
Fe	complexes de Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Fe ²⁺		
Cu	complexes de Cu ²⁺ , Cu ²⁺		
Zn	complexes de Zn ²⁺ , Zn ²⁺		
Mo	MoO ₄ ²⁺		

(Source: **Bliefert et Perraud, 1997**)

Lorsque l'un de ces 16 éléments essentiels manque aux plantes supérieures, des symptômes de malnutritions apparaissent. Certaines plantes ont besoins d'éléments

supplémentaires, qui sont parfois comptés dans les éléments nutritifs, par exemple : Na, Cl, Co, Si.

II.2-Définition des engrais

On entend par engrais tous les composés minéraux et organiques qu'on ajoute au sol et qui sont destinés à être acheminés directement ou indirectement vers les plantes alimentaires (Bliefert et Perraud, 1997).

Les engrais tout produit contenant au moins 05% ou plus de l'un ou plus des trois principaux éléments nutritifs des plantes (N, P₂O₅, K₂O), fabriqué ou d'origine naturelle. Les engrais issus de fabrication industrielle sont appelés les engrais minéraux (Anonyme, 2003).

Toute matière fertilisante organique ou minérale incorporé au sol pour en accroître ou en maintenir la fertilité, apportant notamment aux végétaux les éléments qui leur sont directement utile (Mazoyer, 2002).

II.3-Définition des engrais commerciaux

D'après (Bliefert et Perraud, 1997) On appelle en particulier engrais commerciaux ceux qui sont issus de fabriques ou de mines ; dans le langage courant, on utilise la notion d'engrais artificiels pour la plupart des engrais commerciaux minéraux. Parmi eux on peut répertorier les engrais azotés, phosphaté, potassiques, ceux contenant du magnésium ou du calcium. Ils contiennent deux ou trois composés nutritifs et, en plus des éléments traces (oligo-éléments).

On parle par exemple d'engrais NPK si les éléments N, P et K sont contenus sous la forme de composés directement utilisables par les plantes. Les composés comme les nitrates de calcium ou de sodium facilement solubles dans l'eau ont une action particulièrement rapide.

II.4-Présentation des engrais minéraux

La présentation des engrais minéraux est très variée. Les particules d'engrais peuvent avoir des formes et des dimensions différentes selon le procédé utilisé lors de leur fabrication : granules, pastilles, cristaux, poudres grossières ou fines (Anonyme, 2003).

II.5-Importance des engrais

D'après (Anonyme, 2003) les engrais permettent d' :

- Augmenter la production.
- Améliorer la qualité des cultures vivrières et celle des cultures de rente.
- Améliorer la fertilité des sols.
- Apportent aux plantes cultivées les éléments nutritifs dont elles ont besoin.

II.5.1-Importance d'épandage d'engrais

Par épandage des engrais on entend l'apport de substances nutritives dans le sol, pour compenser la consommation de ces substances lors des récoltes, pour maintenir ou augmenter la fertilité des sols, pour favoriser leur croissance et aussi l'épandage d'engrais est nécessaire afin d'augmenter le rendement ou améliorer leur qualité des récoltes, pour nourrir la population du monde, en forte croissance (Bliefert et Perraud, 1997).

II.5.2- Types d'épandage

Selon (Bliefert et Perraud, 1997) l'épandage des engrais peut être différencié entre :

–L'épandage organique: utilisation de fumier, de lisier, de purin, de résidus de récoltes comme la paille ou les feuilles, de compost, de boues d'épuration, etc.

–L'épandage minéral: utilisation de composés contenant de l'ammonium, des phosphates, du calcaire et autres.

–L'épandage d'engrais verts: ajout de plantes vertes par les engrais agricoles et utilisation de compost de résidus de plantes.

II.6-Types des engrais

Suivant leur nature, les engrais participent plus ou moins rapidement à la nutrition des cultures, Ils sont classés. D'après (Mazoyer, 2002):

✚ Soit d'après le nombre d'éléments fertilisant qu'ils apportent. On distingue :

- ❖ Les engrais simples, qui ne possèdent qu'un seul des éléments fertilisants majeurs, sont représentés principalement par les engrais azotés, les engrais phosphatés et les engrais potassiques.
- ❖ Les engrais composés, qui en contiennent au moins deux éléments fertilisants majeurs. Selon (Anonyme, 2003) Ceux qui en contiennent deux ou trois sont appelés engrais binaires (02 éléments) ou ternaires (03 éléments).

D'une manière générale, on peut distinguer trois catégories d'engrais binaires ou ternaires :

- Les engrais complexes : produits par des méthodes faisant intervenir une réaction chimique entre la matière premières contenant plusieurs éléments nutritifs choisis (chaque granule contient le même ratio d'éléments fertilisants déclaré sur l'étiquette).

- Les engrais composés granulés : consistent en une granulation après un mélange à sec d'engrais simple. Les granules résultant de ce mélange contiennent des teneurs différentes en éléments nutritifs.

- Les engrais mélangés : engrais contenant plusieurs éléments nutritifs, obtenus par mélange physique de matières premières. (Le mélange peut ne pas être homogène s'il n'est pas fait avec un grand soin).

Ces types d'engrais peuvent aussi contenir des éléments minéraux secondaires et des oligo-éléments.

✚ Soit d'après leur origine et leur forme. On distingue alors :

- ❖ Les engrais organiques, qui proviennent de la transformation de déchets végétaux et surtout animaux et qui apportent, sous forme organique ; les éléments minéraux majeurs, secondaires et la plupart des oligo-éléments.
- ❖ Les engrais minéraux, qui ont pour origine des roches éruptives, sédimentaires, qui sont obtenus par synthèse ou transformations industrielles.

II.7 - Amélioration de la mobilité des métaux et de lessivage par les amendements organiques

L'ajout de déchets organiques ; tels que le fumier, des boues d'épuration, ordures urbaines, compost, sous-produits industriels, etc..., sur les sols agricoles ; est une pratique très courante culturel en raison de l'amélioration physiques, chimiques et biologiques observée du sol et, par conséquent augmenter le rendement des cultures et de sa qualité (Sikora et Azad, 1993; Albiach et al., 2001; Tejada et Gonzalez, 2003a, b in Mahrous, 2007).

L'ajoute de certains agents de chélation pour le sol augmente considérablement la solubilité du Cu. Ces agents chélateurs inclus EDTA (Wu et al., 1999; Lombi et al., 2001 in Mahrous, 2007).

II.7.1 - Chélateurs synthétiques

Plusieurs études de laboratoire ont montré que l'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) est efficace dans la mobilisation et la suppression de Pb, Zn, Cu et Cd dans les sols contaminés, bien que l'efficacité d'extraction dépend de nombreux facteurs tels que la labilité des métaux lourds dans le sol, la force de l'EDTA, des électrolytes et du pH du sol (Elliot et Brown, 1989; Brown et Elliot, 1992; Pichtel et Pichtel, 1997; Elliot et Shastri, 1999;. Heil et al., 1999; Papassiopi et al., 1999 in Mahrous, 2007).

EDTA a été utilisé comme chélateur modèle pour examiner la mobilisation accrue des métaux et la distribution de métaux lourds dans les tissus végétaux (Turgut et al., 2005 in Mahrous, 2007). La modifications chimiques, comme les chélates de synthèse organique, peut

améliorer la phytoextraction en augmentant la biodisponibilité des métaux lourds dans le sol et donc l'amélioration de l'absorption des végétaux, et la translocation des métaux lourds à partir des racines aux parties vertes des plantes testées (Huang et al., 1997;. Epestein et al., 1999 in Mahrous, 2007).

II.7.2 - La litière de volaille

L'activité avicole produit de grandes quantités de litière de volaille qui sont généralement appliqués sur les terres cultivées. L'application de la litière de volaille en terres cultivées peut augmenter la mobilité des métaux, car les ligands organiques solubles dans la litière de volaille peuvent former des complexes solubles dans l'eau avec des métaux.

III- Quelques produits phytosanitaires (fongicides) et les engrais à base de Cu^{++} et Zn^{++} les plus utilisés dans la région de Biskra

Le tableau n° 03 représente quelques produits phytosanitaires (fongicides) et les engrais à base de Cu^{++} et Zn^{++} les plus utilisés dans la région de Biskra où ces produits augmentent le pourcentage des métaux lourds dans le sol.

Tableau 03 : Quelques produits phytosanitaires (fongicides) et les engrais à base de Cu⁺⁺ et Zn⁺⁺ les plus utilisés dans la région de Biskra

Type de produit	Nom commercial	Matière active ou la composition
Complexe d'oligo-éléments	Tradecorp AZII (WG)	Fe: 5%, Mn: 3.5%, Cu: 1%, Zn: 2.48%, B:0.65%, Mo: 0.30%
Engrais NPK + Mgo+OE	Khirsol 13 42 10	N:13%, P ₂ O ₅ : 42%, K ₂ O: 10%, B:0.04%, Cu: 0.04%, Fe: 0.02%, Mn: 0.02%, Mo: 0.02%, Zn: 0.05%
Biostimulant	Ruter AA	N:5.5%, P ₂ O ₅ : 5%, K ₂ O: 3.5%, 15% de Matière organique, 7% d'acides aminés, Mn: 0.05%, Mo: 0.10%, Zn: 0.07%
(Source : http://www.profert-dz.com)		
Fongicide	Antracol	70% Propinèbe à base de Zn
(Source : http://www.bayercropscience.com)		
Engrais potassique	Aquafeed	K ₂ O: 40%, B:50ppm, Cu: 250ppm, Fe: 1000ppm, Mn: 500ppm, Mo: 10ppm, Zn: 500ppm
(Source : http://www.doudah.com)		
Mélange d'oligo-éléments	CODA-MIX	Fe: 6%, Mn: 2.6%, Cu: 0.2%, Zn: 0.6%, B:0.4%, Mo: 0.10%
(Source : http://www.codacorp.com)		
Engrais	Borozinc	13% B et 4.1% Zn
Fongicide	Curzate R	39.75% oxychlorure de cuivre 4.2% cymoxanil
Fongicide	Kocide 2000	35% de cuivre métal de l'hydroxyde de cuivre
(Source : http://www.aci-algerie.com)		

Synthèse

Les engrais un des facteurs déterminants pour le développement agricole en vue de promouvoir la sécurité alimentaire et de maintenir la productivité agricole des sols.



Partie II:
Matériels et méthodes



Chapitre « 1 »

Matériels d'études

1 - Situation et superficie des sols étudiés

La wilaya de Biskra est située dans le sud-est d'Algérie, au piémont sud de l'Atlas saharien. Elle s'étend sur 21.671,20 Km². Elle se trouve à une altitude de 87 mètres, sa latitude est de 34° 48' et sa longitude est de plus de 5° 44' (Capderon in Hiouani, 2007).

Administrativement, elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, à l'Est par la wilaya de Khenchela, au Sud par la wilaya de Ouargla et El-Oued et à l'Ouest par la wilaya de M'Sila et Djelfa. Issue du découpage administratif 1974, Avec le récent découpage administratif de 1984, la Wilaya de Biskra se composait de douze daïra et trente-trois communes (ANAT, 2002).

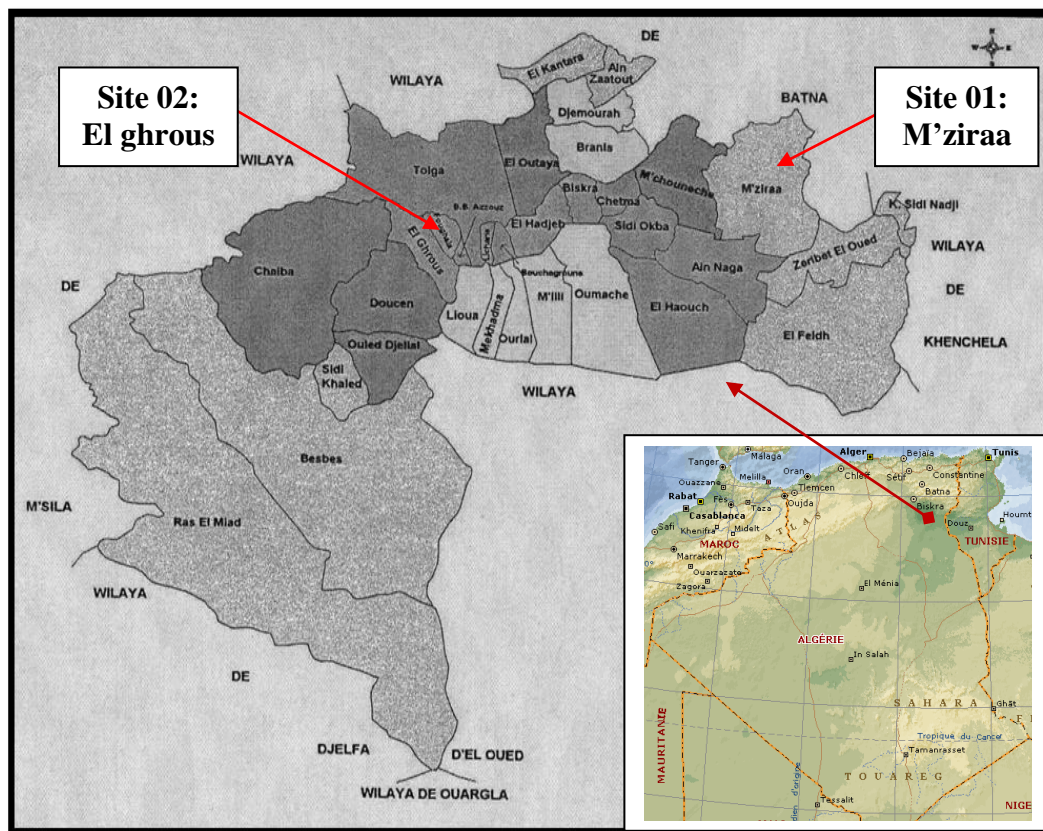


Figure 02: situation géographique de la zone d'étude

Les sols étudiés sont situés à M'ziraa 60 Km, à l'est de la ville de Biskra, et El-ghrous 40 Km, à l'ouest de la ville de Biskra (Figure 02), et qui représente certaines différences du point du vue eau et sol, et les deux sites constituent un potentiel agricole très important surtout en

plasticulture. Dans chaque site 03 stations représentatifs sont choisis. Ces sites sont localisés par les coordonnées suivantes (Tableau 04).

Tableau 04 : Les coordonnées géographiques des sites étudiés.

<i>N° DE SITE</i>	<i>COORDONNEES (X)</i>	<i>COORDONNEES (Y)</i>
<i>Site 01 M'ziraa</i>	N 06° 20' 11"	E 34° 44' 37"
<i>Site 02 El ghrous</i>	N 05° 19' 05"	E 34° 35' 40"

(Source : ANAT, 2002)

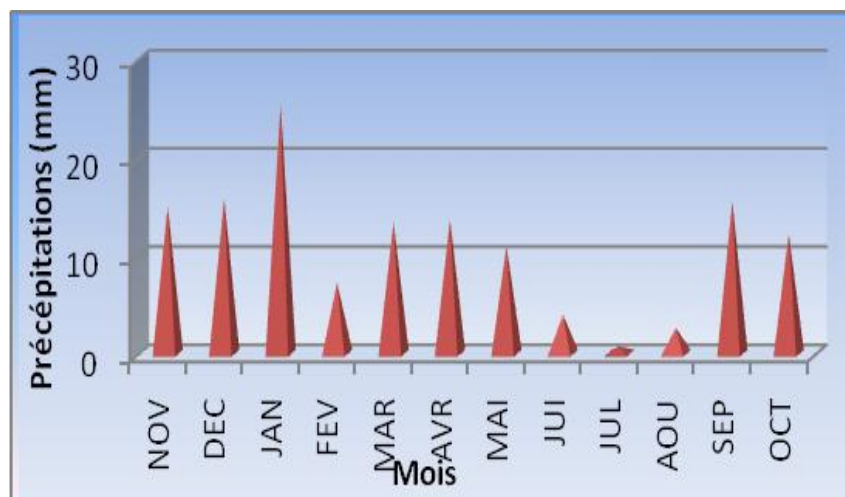
2 - Étude climatique

On s'est basé sur les données climatiques recueillies au niveau de la station météorologique de Biskra .Les paramètres climatiques les plus importants sont : les précipitations les températures, les vents, l'humidité relative, l'évaporation et l'insolation.

2.1 - Les précipitations

D'après les valeurs de la pluviométrie moyenne mensuelles présentées dans la Figure (03). On remarque que les précipitations sont très faibles et irrégulières. La moyenne annuelle relevée pendant 10 ans (2000 – 2010) est de 136.23 mm avec une moyenne mensuelle de 11.35 mm.

Nous avons enregistré un maximum de sécheresse durant le mois le plus chaud (Juillet) avec une pluviométrie de 0.72 mm, par contre le mois le plus humide est janvier avec une pluviométrie de 25.33 mm.

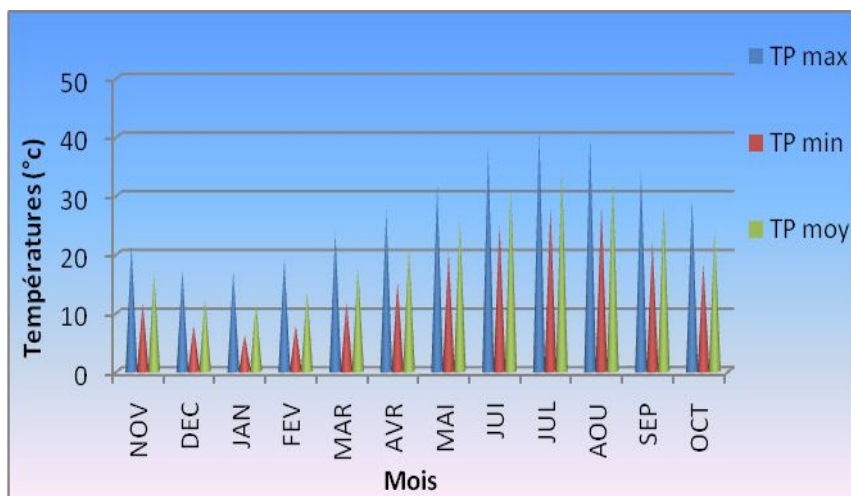


(Source : Station météorologique de Biskra)

Figure 03: Précipitation mensuelles pour la période (2000 - 2010).

2.2 - Les températures

La température est un facteur très important à étudier ce dernier matérialise le pouvoir évaporant du climat. Elle joue un rôle primordial dans le développement des végétaux et dans la formation du sol.



(Source : Station météorologique de Biskra)

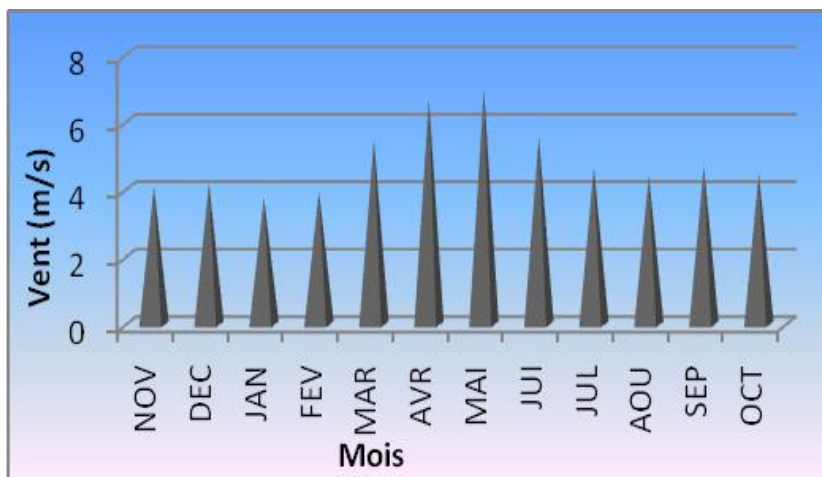
Figure 4: Températures mensuelles pour la période (2000 - 2010).

D'après la Figure (04) la région de Biskra se caractérise par une forte température dont la moyenne annuelle est de 22.63 C° avec une forte variation saisonnière sont enregistrés entre le mois le plus chaud 34.66 C° en juillet et le mois le plus froid 11.65 C° en janvier.

2.3 - Les vents

Dans les régions arides les vents ont joués et jouent un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, dans la dégradation de la végétation et la destruction des sols (Halitim, 1988).

Les vents sont relativement fréquents dans cette région en fin du printemps et en été, ce sont surtout les vents de sable venant du Sud – Ouest qui sont les plus dominants. En période hivernal ce sont principalement les vents froids et humides venant du Nord – Ouest.



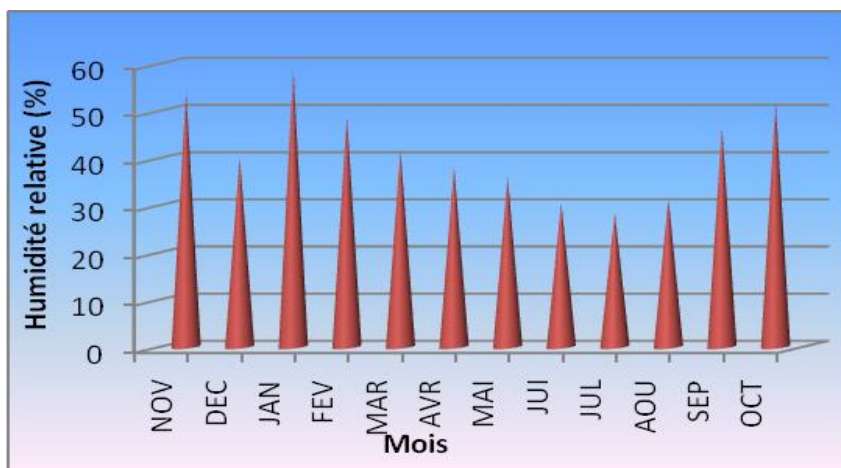
(Source : Station météorologique de Biskra)

Figure 5: Vitesse moyenne des vents pour la période (2000 à 2010).

La vitesse maximale des vents se rencontre au mois du mai atteint 6.96m/s, par contre la vitesse minimale est de 3.76 m/s au mois de janvier Figure (05).

2.4 - L'humidité relative

L'examen de la Figure (06) montre qu'un taux d'humidité maximum pendant le mois de janvier 58.67%. Par contre, il est faible autour de 30% durant les mois les plus chauds ; juin, juillet et août.



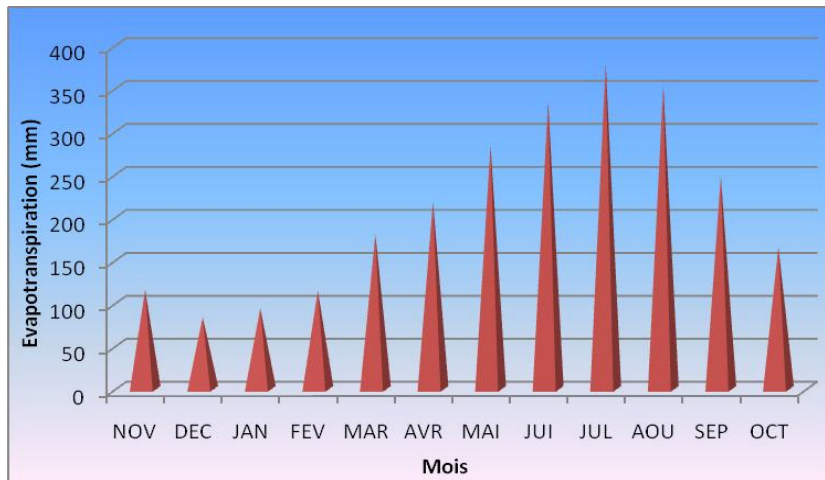
(Source : Station météorologique de Biskra)

Figure 6: Humidité relative moyenne pour la période (2000 à 2010)

2.5 - L'évaporation

L'évaporation est très élevée, surtout sous l'effet des vents et notamment ceux qui sont chaudes comme le sirocco, et les fortes températures.

D'après la Figure (07) l'évaporation moyenne la plus élevée se concentre au mois de juillet avec 379mm et la plus faible au mois de décembre 83.4 mm.

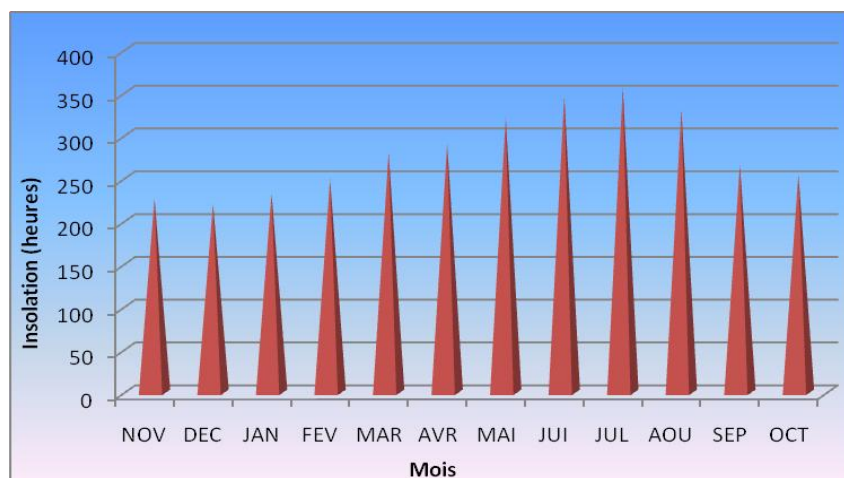


(Source : Station météorologique de Biskra)

Figure 7: L'évaporation moyenne pour la période (2000 à 2010).

2.6 - L'insolation

La radiation solaire est importante dans la région car l'atmosphère présente une grande clarté durant toute l'année.



(Source : Station météorologique de Biskra)

Figure 8: Le nombre moyen des heures d'insolation pour la période (2000 à 2010).

La Figure (08) montre que le nombre moyen annuel d'heures d'insolation est environ 281.26 h ce qui correspond approximativement à 9.38 heures par jour, le phénomène est régulière passant d'un minimum en Fevrier de 220.18 heures à un maximum en juillet de 356.18 heures.

3 - Classement du climat

3.1 - Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Gaussen, considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en mm est inférieure au double de la température moyenne mensuelle (T) en degrés Celsius ($P < 2T$) (Dajoz, 1971). Partant de ce principe, nous avons établi le diagramme ombrothermique pour la période 2000 à 2010.

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (1957) est une représentation graphique où sont portés en abscisse les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T moy), selon la formule $P = 2T$.

L'analyse de diagramme ombrothermique de Gaussen dans notre cas sur les données de 10 ans, montre que la région de Biskra à subit une période sèche étal sur presque toute l'année; de mois de février jusqu'au mois de décembre, la période humide s'allonge sur le mois de janvier (Figure 09).

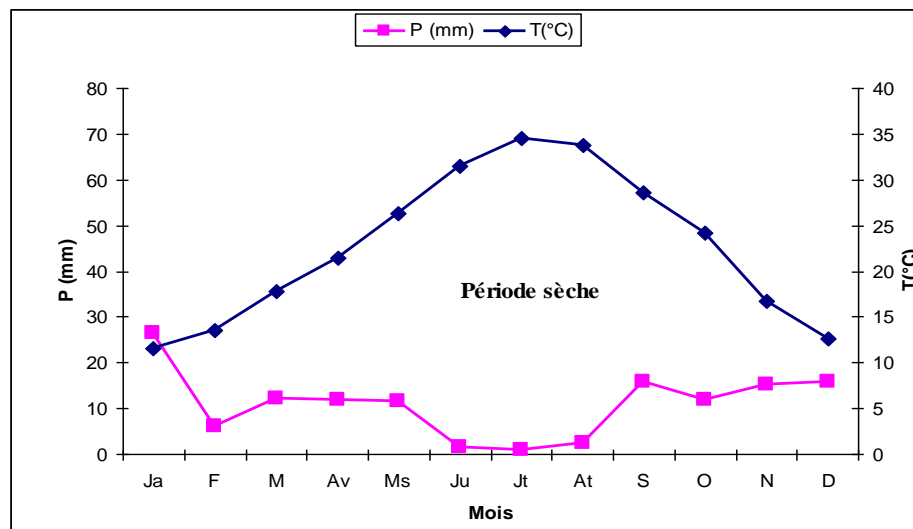


Figure 09: Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la période 2000 à 2010.

3.2 - Climagramme d'EMBERGER

Selon la formule établie par (Stewart, 1969), le quotient pluviométrique de la région méditerranéenne est exprimé par la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 \cdot \frac{P}{M - m}$$

Q_2 : quotient pluviométrique

P : précipitation annuelle moyenne (mm).

M : température maximale du mois plus chaud (C°).

m : température minimale du mois plus froid (C°).

D'après les données climatiques de Biskra (2000 à 2010) nous avons :

$$P = 136.23 \text{ mm.}$$

$$M = 41.22 \text{ C}^\circ.$$

$$m = 6.3 \text{ C}^\circ.$$

Donc:

$$Q_2 = 3,43 \cdot \frac{136.23}{41.22 - 6.3} = 13.38$$

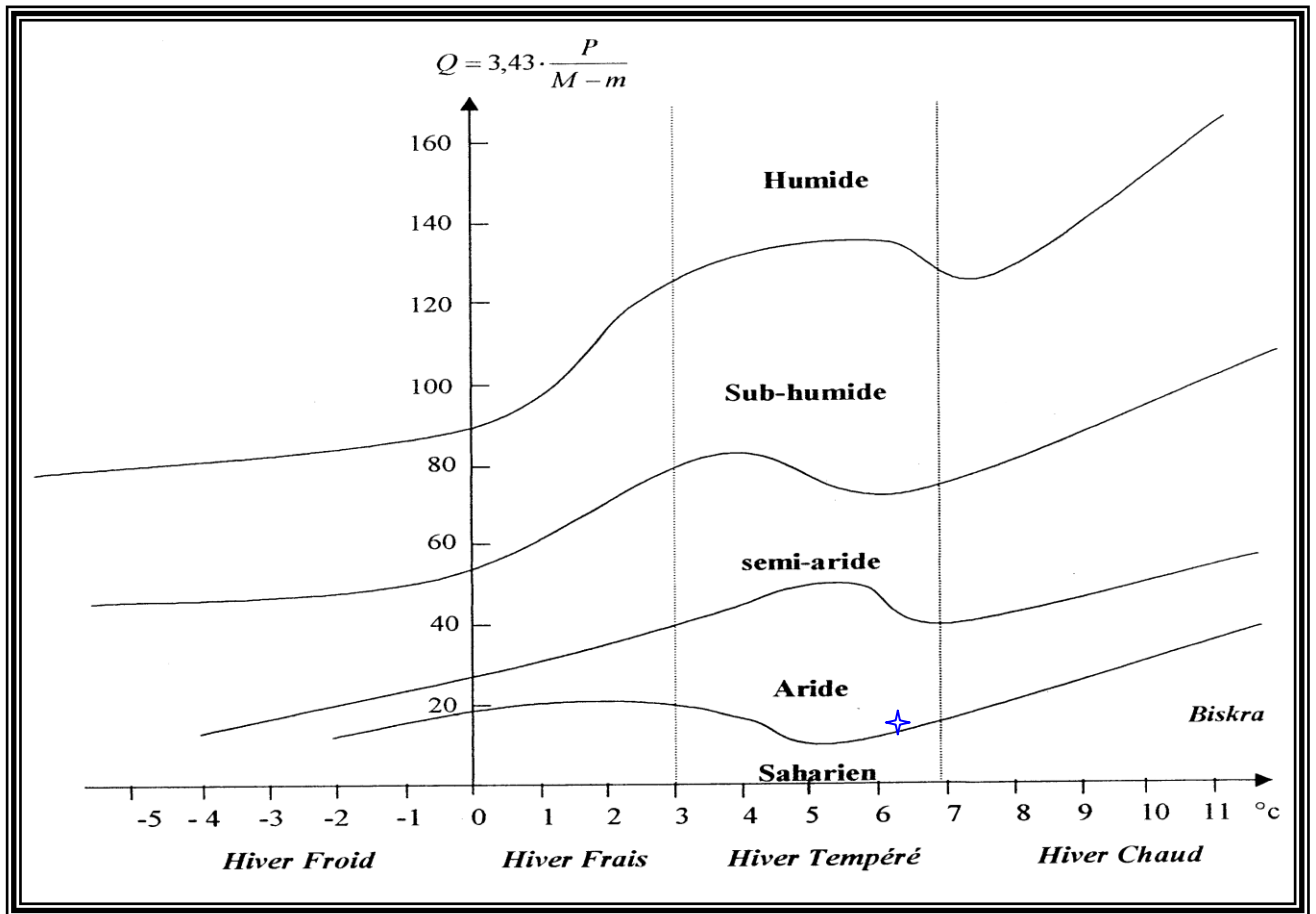


Figure 10: Courbe d'Emberger de la région de Biskra (2000 – 2010)

Les résultats obtenus montrent que la région de Biskra se trouve dans la zone de l'étage climatique aride à hiver Tempéré Figure (10).

4 - Relief

Biskra forme une région de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Ce passage se fait subitement au pied de l'Atlas saharien. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le sud.

Le relief de la région de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géographiques (ANAT, 2002). Les montagnes, les plateaux, les plaines et les dépressions.

5 - Les ressources en eau

Une grande diversité des ressources hydrauliques caractérise les Oasis du Ziban (Nesson, 1978).

5.1 - L'hydrologie superficielle

D'après (Hannachi et Bekkari, 1994 in Mehaoua, 2006), la région de Biskra est drainée par une série d'Oueds les plus importants sont : Oued Djeddi, Oued Biskra, Oued El-Arab, Oued El-Abiod.

Selon (Nesson, 1978) l'ensemble des Oueds de la région font partie du grande bassin versant saharien du chott Melghir. L'écoulement des Oueds descendant des reliefs atlasiques à une double fonction dans les Ziban : Tous les Oueds participent à l'alimentation d'une part des nappes souterraines, en outre dans certaines régions, ils permettent une agriculture irriguée à l'utilisation directe des eaux précipitées sur les versants.

5.2 - L'hydrogéologie

La lithologie et des considérations hydrodynamique permettent d'individualiser quatre unités aquifères dans la région de Biskra : Nappe du continental intercalaire, Nappe phréatiques Nappe de calcaires, Nappe de sables du Miopliocene (Biout et al, 2005).

6 - La géologie

Du point de vue géologique la région de Biskra représente un pays de transition structurale. Dont sa partie nord, c'est un pays montagneux tandis qu'au sud c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara septentrional et d'autre part en position très inférieure apparaissent les dernier anticlinaux vers le sud de l'atlas saharien.

Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis et de failles orientées en ouest, appelés « flexure Saharienne » marquée par la tectonique atlasique (Gouskov, 1964).

D'après la notice explicative de carte hydrologue de Biskra au 1/200.000 :

- On note des dépôts de marnes riches en gypse et anhydrite de (100 à 300 m) intercalés dans les couches calcaires.
- Au turonien la sédimentation continue et jusqu' au Sénonien supérieur les dépôts sont marins.

7 - Végétation

Du point de vue agricole, la wilaya de Biskra est caractérisée par la phœniciculture (Palmeraies des Ziban), la plasticulture introduite dans les années 1990 et le maraîchage qui font leur extension dans le cadre du développement agricole (ANAT, 2003).

Conclusion

La région de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. Ainsi, au Nord se découpent plusieurs chaînes atlasiques, dont l'altitude maximale peut aller jusqu'à 1500 m et dont la moyenne est de l'ordre de 300m, caractérisés par l'alternance de végétation forestière. Vers le Sud, la plaine saharienne, du point de vue morphologique se présente en général comme un piémont sans relief marqué, qui relie par une pente douce les chaînes atlasiques aux étendues sahariennes au sud. En surface, les dépôts grossiers que l'on trouve au pied des montagnes passent à des dépôts fins argilo-sableux vers le Sud. A l'Est, le relief est caractérisé par le développement d'une vaste plaine découpée par des lits d'oueds qui s'écoulent des monts de l'Atlas et disparaissent dans la grande dépression fermée du chott Melghir. Et à partir des données climatiques de la région de Biskra, nous pouvons dire qu'elle se caractérise par :

- Des températures moyennes élevées et des périodes de sécheresse très prolongé.
- Une pluviosité faible et irrégulière.
- Une évapotranspiration intense.
- Une humidité faible.
- Une grande luminosité.



Chapitre « 2 »

Méthodes d'études

1- Choix de terrain

Le choix des sites vient après prospections de la zone d'étude, L'étude a été réalisée sur 02 sites qui présentent des différences du point de vue eau et sol. Et les deux sites constituent un potentiel agricole important.

Le premier site est située à M'ziraa 60 Km, à l'Est de la ville de Biskra et le deuxième site est située à El-ghrous 40 Km, à l'Ouest de la ville de Biskra. Dans chaque site 03 stations représentatives sont déterminées.

Dans chaque station 02 échantillons du sol ont été effectués l'un pour le témoin et l'autre pour les sols affectés par les produits phytosanitaires et les engrais et un échantillon d'eau d'irrigation et le végétal. En tout 12 échantillons du sol, 06 échantillons d'eau et 06 échantillons du végétal ont été étudiés.

2 - Méthodes d'échantillonnage

2.1 - Pour le sol

Le prélèvement des échantillons des sols affectés par les produits phytosanitaires et les engrais de chaque site sont prélevés soit sous serres ou d'un sol historiquement occupé par des serres, et les parcelles doivent être représentatives pour chaque site (homogénéité). Par contre, les échantillons des sols témoins (c'est-à-dire, sol non traité par les produits phytosanitaires et les engrais) sont prélevés à partir des parcelles nues sans activités agricoles.

Nous avons fait un seul prélèvement pour chaque site pendant le mois du décembre 2009 sur une profondeur de 0-30 cm, avec un nombre de trois échantillons élémentaires par station et cela pour les sols témoins et pour les sols affectés par les produits phytosanitaires et les engrais.

Les prélèvements des échantillons du sol se font par une tarière (Figure11). Les échantillons recueillies dans des sachées en plastique étiquetées qui porte ; la date, le numéro du site, et le type de sol.

S1 : site du M'ziraa
 S2 : site d'El-ghrous
 T : sol témoin
 Tr : sol affecté (traité)



(Photo originelle : Aissaoui, 2009)

Figure 11 : Prélèvement du sol par une tarière

2.2 - Pour l'eau

Pour les prélèvements des échantillons d'eau faite au même temps que les échantillons des sols. Les prélèvements des échantillons d'eau sera recueillis dans des bouteilles en plastique étiquetées qui porte ; la date (Tableau 05), et le numéro du site.

2.3 -Pour le végétale

L'étude a été réalisée sur les cultures maraîchères, nous avons choisis la culture d'aubergine pour le site 02 et la culture de tomate pour le site 01. La collection se fait après la maturité complète de ces cultures choisies (maturité physiologique) (Tableau 05).

Tableau 05 : période de prélèvement des échantillons du sol, l'eau et le végétal

	Date de prélèvement des échantillons		
	Sol	Eau	végétal
El-ghrous	24 décembre 2009		Le 14 mai 2010
M'ziraa			Le 05 mai 2010

3 - Etude au laboratoire

Tous les échantillons du sol, d'eau, et du végétal sont effectués au niveau du laboratoire du département d'agronomie Biskra.

3.1 - Préparation des échantillons du sol

Les échantillons des sols prélevés ont été séchés à l'air libre. Après le séchage vient le broyage et enfin le tamisage avec un tamis de 2 mm.

3.2 - Analyse de routine

Le Tableau (06) représente les analyses faites et les méthodes utilisés pour le sol et l'eau

Tableau 06 : Résultats analytique du sol et d'eau

Types d'analyse	Eléments dosé	Méthodes utilisés	Fraction
Réaction du sol (pH)		pH mètre avec un rapport sol / eau de 1 / 2.5	Sol et eau
Conductivité électrique (CE) (mS/cm).		Conductimètre, avec un rapport sol / eau de 1/5	
Calcaire total		Calcimètre de Bernard	
Matière organique		Méthode Anne en utilisant le bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique	Sol
Granulométrie		Tamisé.	
Dosage des anions Extrait diluée (rapport sol/eau de 1/5)	Cl ⁻	Titration (argentométrie)	
	SO ₄ ⁼	Turbidimétrie	Sol et eau
	HCO ₃ ⁻ et CO ₃ ⁼	Titration	
Dosage des cations solubles Extrait diluée (rapport sol/eau de 1/5)	Na ⁺ et K ⁺	Spectrophotométrie à flamme	
	Ca ⁺⁺ et Mg ⁺⁺	Complexometrie avec l'EDTA	Sol
Dosage des cations échangeables	Na ⁺ et K ⁺	Spectrophotométrie à flamme	
	Ca ⁺⁺ et Mg ⁺⁺	Complexometrie avec l'EDTA	

3.3 - Dosage des métaux lourds (Cu, Zn) par l'acétate d'ammonium en présence d'EDTA

3.3.1- Pour le sol

Principe

L'extraction des formes solubles du cuivre et du zinc est réalisée par une solution mixte d'acétate d'ammonium et l'EDTA, à pH=7. Le dosage des éléments présents dans la solution d'extraction s'effectue par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Cette méthode conduit à estimer la quantité du cuivre et du zinc susceptibles d'être assimilables par les végétaux. Elle s'applique principalement aux sols agricoles (Clément et Françoise, 2003).

Mode opératoire

- Peser 5 g de sol sec et les verser dans un flacon de 125 ml.
- Ajouter 50 ml de la solution d'extraction EDTA à 20 °C ± 2 °C. Boucher hermétiquement sans attendre et agiter vigoureusement de manière à bien disperser la terre.
- Laisser décanter puis centrifuger le surnageant durant 10 minutes à 2000 tr/min, de façon à avoir un liquide translucide exempt de toutes impuretés. Verser le liquide dans une fiole et boucher.
- Faire un témoin dans les mêmes conditions.
- Après le réglage du spectrophotomètre d'absorption atomique, passer successivement les solutions étalons, les échantillons et le témoin.
- Doser le cuivre, le zinc en utilisant les longueurs d'onde suivantes : Cu = 324.7 nm ; Zn = 213.9 nm.

Calculs

$$T(\mu\text{g} / \text{g}) = \frac{(C - C1) \times V}{S} = 10(C - C1)$$

Où T : Cu ou Zn,

C : Concentration de l'élément déterminée par la courbe d'étalonnage (μg/ml),

C1 : Concentration du témoin déterminée par la courbe d'étalonnage ($\mu\text{g/ml}$),

S : Poids de la prise de terre en g (5g),

V : Volume d'extraction en ml (50 ml).

3.3.2- Pour L'eau

Mode opératoire

- Après le réglage du spectrophotomètre d'absorption atomique, passer successivement les solutions étalons, les échantillons et le témoin
- Doser le cuivre, le zinc en utilisant les longueurs d'onde suivantes : Cu = 324.7 nm ; Zn = 213.9 nm.

Calcul

Les résultats sont obtenus (en ppm) par le spectrophotomètre d'absorption atomique directement.

3.3.3 - Pour le végétal

Mode opératoire

- Porter 0.5 – 1 g de matière végétale (tomate ou aubergine), séchée préalablement à 105°C dans un creuset en porcelaine, calciner à 550 °C dans un four à moufle pendant 5 h jusqu'à l'obtention d'une cendre blanche,
- Sortir l'échantillon et laisser refroidir,
- Transférer la cendre dans un bécher de 100 ml et ajouter 5 ml HCl (2N), couvrir d'un verre de montre,
- Digérer à l'ébullition douce sur une plaque chauffante pendant 10 min,
- Après refroidissement, ajouter 25 ml d'eau distillée, puis filtrer dans une fiole de 50 ml et avec un papier filtre sans cendre. Ajuster au volume. Cet extrait sert au dosage des métaux lourds (Cu et Zn) (Pauwels et al, 1992),
- Faire un témoin dans les mêmes conditions,

- Après le réglage du spectrophotomètre d'absorption atomique, passer successivement les solutions étalons, les échantillons et le témoin,
- Dosage de cuivre et le zinc se fait de la même manière pour le sol.

Calcul

D'après (Ryan et al, 2001) :

$$\text{Zn et Cu (ppm)} = (\text{extrait en ppm} - \text{témoin}) * A/Wt$$

Où A : volume de l'extrait en ml (50ml),

Wt : poids de la prise de plant en g (0.5 ou 1 g).

3.4 - Etude de l'influence des matières organiques sur les caractéristiques physico-chimiques du sol

Pour mettre en évidence l'influence des matières organiques sur les caractéristiques physico-chimiques à partir des sols étudiés, on utilise la technique des colonnes de lixiviation au laboratoire

Deux types de sols (M'ziraa et Elghrous) ont été choisis en fonction de leurs potentiels agricoles connus et l'utilisation abusive des produits phytosanitaires et les engrais.

3.4.1 - Description des colonnes de lixiviation

L'expérience a été réalisée dans les colonnes en PVC de 5 cm de diamètre et 35 cm d' hauteur pour étudier les effets des doses des matières organiques ajoutées sur les caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés. (Voir la Figure 12).

Les sols étudiés ont été mis de la même manière dans les colonnes en PVC avec une hauteur de 30 cm. La base des colonnes est munie d'un papier filtre. Le dispositif expérimental adopté comporte 07 colonnes pour chaque type de sol étudié.

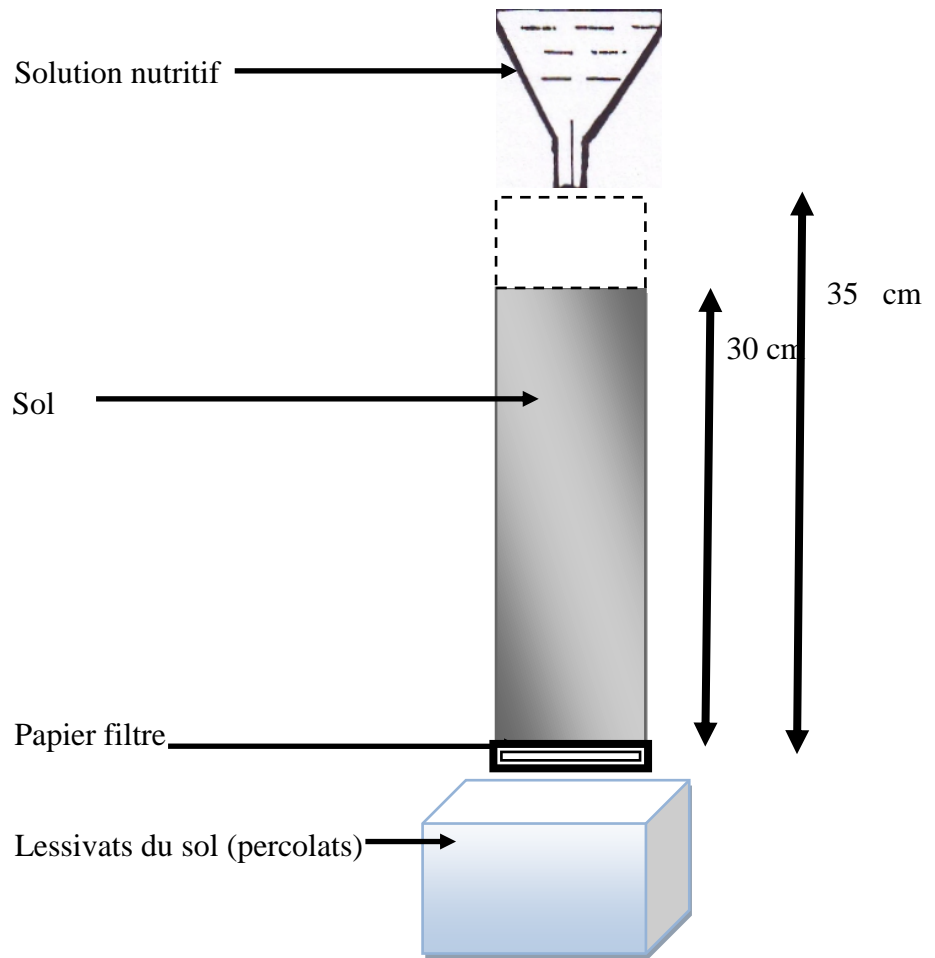


Figure 12 : Schéma expérimental des colonnes de lixiviation

3.4.2 - Caractérisation des matières organiques

Deux matières organiques ont été utilisées pour étudier leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés. A savoir : l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) (comme matière organique de synthèse) ainsi que l'extrait de la fiente de volaille (EFV) (comme matière organique naturel).

Le tableau 1 (voir annexe 02) montre certaines propriétés de ces matières organiques étudiées et leurs teneurs totale en cuivre (Cu) et en zinc (Zn).

4 - Préparation des traitements des matières organiques

A- EDTA

Acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) a été appliqué chaque semaine à des niveaux de 2, 4 et 6 mmole / kg du sol. La quantité disponible de poudre de l'EDTA a été dissous dans la quantité nécessaire d'eau distillée jusqu'à une capacité de saturation du sol à la fin de l'expérience (8 semaines).

B- EFV (Extrait de la fiente de volaille)

La fiente de volaille collectée à été séchée à l'air, tamisés par un tamis de 2 mm et stockées dans un sac en plastique. Pour la préparation des niveaux de l'extrait de la fiente de volaille (EFV) en utilisant 25, 50 et 75 g de la fiente de volaille en suspension dans un litre d'eau distillée pendant 2 h, filtrée par un papier filtre, et conservé au réfrigérateur à + 6 ° C.

Chaque solution de chaque niveau de matière organique a été ajouté chaque semaine aux colonnes du sol jusqu'à l'arrivé à la capacité de saturation du sol à la fin de l'expérience (8 semaines).

Chaque sol traité avec les matières organiques et comparé par un témoin avec l'eau distillée :

4.1- Traitements « sol – matière organique »

Ce traitement correspond aux colonnes qui sont percolés par une solution de la matière organique obtenu à partir de trois niveaux pour chaque type de matière organique (EDTA et EFV) jusqu'à l'arrivé à la capacité de saturation, avec une période de lessivage allant jusqu'au 8 semaines.

Un volume de 10 ml d'eau distillée a été également ajouté à chaque colonne immédiatement après l'application des traitements, pour assurer le lessivage des matières organiques.

4.2 - Traitements « sol - eau distillée »

L'objectif de ce traitement est de mettre en évidence l'effet de l'absence de matière organique sur les caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés. Ce traitement c'est un traitement de contrôle.

À la fin de l'expérience (8 semaines) pour les deux traitements les échantillons du sol de chaque colonne a été divisé en trois parties égaux (3 couches) recueillis et conservés pour caractériser les propriétés physico-chimiques du sol, à savoir la CE, le pH et la teneur en matières organiques, calcaire total, dosages des cations et les anions ainsi que Cu^{++} et Zn^{++} ont été étudiés.

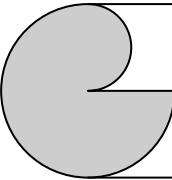


Partie III:
Résultats et discussions



Chapitre « 1 »

*Caractérisation physico-chimiques de
l'eau, le sol et le végétal*



Introduction

D'après (Deneux-Mustin et *al.*, 2003) Les sols doivent être considérés comme des réacteurs biogéochimiques complexes, interactifs, dans lesquels les éléments minéraux majeurs et en traces, dont les radionucléides, peuvent subir d'importants changements de leur forme chimique ou de leurs phases porteuses. Ces évolutions de leur spéciation modifient aussi leur mobilité, leur disponibilité, leur toxicité, les propriétés physiques et chimiques mais aussi les paramètres biologiques des sols contrôlent ces processus.

Le travail en cours porte les effets de quelques matières organiques sur la mobilisation du zinc et du cuivre dans des sols à utilisation abusif des produits phytosanitaires et les engrais. L'étude comporte les volets suivants:

- Le premier consiste à identifier et quantifier les teneurs initiales du zinc et du cuivre dans le sol en fonction des paramètres essentiels des sols, avant traitements par des matières organiques.
- Le second volet a pour objectif de caractériser les changements induits après l'application des matières organiques visant à accroître la mobilité des métaux toujours en fonction des paramètres essentiels des sols.
- La finalité du travail est d'évaluer le potentiel des matières organiques utilisées sur la mobilité des métaux lourds en fonction des paramètres essentiels des sols, et leurs effets dans une application réelle, surtout avec l'utilisation abusif des produits phytosanitaires et les engrais.

1 - Caractérisation physico-chimiques initiales de l'eau, le sol et le végétal

1.1 - Caractérisation physico-chimiques des eaux d'irrigation

Le tableau n° 07 représente la caractérisation physico-chimique des eaux d'irrigation de site du M'ziraa et d'El-ghrous.

Tableau7 : Analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation

Site	Elément dosé	M'ziraa	El-ghrous
CE (mS / cm)		1.89	5.19
pH		7.70	8.01
Cations	Na ⁺ (meq/l)	0.56	1
	K ⁺ (meq/l)	0.15	0.31
	Ca ⁺⁺ (meq/l)	1.71	4.46
	Mg ⁺⁺ (meq/l)	1.07	3.83
Anions	CO ₃ ⁼ (meq/l)	0	0
	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	0.53	0.53
	Cl ⁻ (meq/l)	2.23	10.37
	SO ₄ ⁼ (meq/l)	3.74	12.71
Métaux lourds	Zn ⁺⁺ (µg /ml)	0.1205	0.0269
	Cu ⁺⁺ (µg /ml)	0.0802	0.04
SAR		0.67	0.69
Classes d'eau		C ₃ S ₁	C ₅ S ₁

D'après les résultats analytiques des eaux d'irrigation (Tableau 7), on remarque que :

Pour le pH : le pH des eaux des nappes est basique, la valeur maximale est de 8.01 pour le site 02 alors que le site 01 présente une valeur minimale de 7,70 (Tableau 07).

Pour les cations : il y a une dominance nette de calcium Ca^{++} dans les deux sites avec des taux de 49% pour le site 01 et 46.45% pour le site 02, il vient le magnésium Mg^{++} en deuxième position avec des taux de 30.65% pour le site 01 et 39.89% pour le site 02, le sodium Na^+ occupe la troisième position avec des valeurs qui sont nettement inférieures à celle de Mg^{++} et Ca^{++} . Et les valeurs du K^+ restent toujours en faibles concentrations dans les deux sites avec des taux de 04.30% pour le site 01 et 03.23% pour le site 02.

Pour les anions : il y a une dominance des sulfates (SO_4^{--}) dans les deux sites, les chlorures (Cl^-) viennent en deuxième position, le HCO_3^- est de faibles concentrations et les concentrations de CO_3^- sont nulles dans les deux sites.

On note aussi qu'il y a des concentrations élevées des cations et des anions dans le site 2 par rapport au site 1, ce qui coïncide avec les valeurs de la CE qui sont respectivement; 5.19mS / cm et 1.89mS / cm.

Pour les métaux lourds : d'après les seuils de toxicité des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) cités par (Peterson in Couture, 2004). Les résultats obtenus pour les deux sites sont loin des seuils de toxicité qui sont 0.2 ppm pour le cuivre et 2 ppm pour le zinc.

D'après la classification américaine des eaux (Saline and Alkali soil : complétée par Durand) les eaux de site 02 est classée au C_5S_1 à une salinité extrême de 5.19 mS /cm et au C_3S_1 à une salinité forte de 1.89 mS /cm pour le site 01 avec un danger d'alcalinisation faible pour les deux sites. La qualité de ces eaux d'irrigation a une influence sur les propriétés chimiques des sols notamment la CE des sols. Ainsi que la présence des teneurs élevées du calcium, du sulfate et du chlore dans l'eau d'irrigation ont une influence sur les teneurs de ces ions dans le sol.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation sont proches à ceux trouvés par (Chelouai, 2010) dans les mêmes régions.

1.2 - Caractérisations chimiques de végétal

Le tableau (08) représente la caractérisation chimique des végétaux des deux sites (M'ziraa et El-ghrous).

Tableau 08 : Analyses des métaux lourds de végétal

Site	M'ziraa		El-ghrous	
Organe végétale	feuille	fruit	Feuille	Fruit
Cu ($\mu\text{g/g}$)	5.17	5.5	13.5	46.88
Zn ($\mu\text{g/g}$)	60.71	29.29	27.77	30.12

D'après les résultats du Tableau 8 les teneurs de Cu^{++} dans les fruits sont supérieurs aux concentrations du cuivre dans les feuilles pour le site 02. Par contre les teneurs du cuivre des feuilles et les fruits sont très proches pour le site 01, mais avec des concentrations faibles par rapport au site 02.

Et pour les résultats de Zn^{++} , on note que les teneurs de Zn^{++} dans les deux sites sont voisines, à l'exception au teneur de Zn^{++} dans les feuille pour le site 01 où leur valeur est de $60.71\mu\text{g/g}$.

Mais pour les teneurs extrêmement élevé de Cu^{++} (fruit) de site 02 et les teneurs de Zn^{++} (feuille) de site 01 sont expliqués soit par l'âge des feuilles, soit par une présence de résidus des produits chimiques sur les feuilles et les fruits.

Notre résultats d'analyses sont proches à celle trouvées par (Chelouai, 2010) dans les mêmes régions où les valeurs sont compris entre (36.94-82.83 mg/Kg) pour le Zn des feuilles, (27.31-30.66 mg/Kg) pour le Zn des fruits et (4.43-10.07 mg/Kg) pour le Cu des feuilles, (1-5.5 mg/Kg) pour le Cu des fruits pour la région d'El-ghrous et entre (28.41-36.6 mg/Kg) pour le Zn des feuilles, (18.31-41.06 mg/Kg) pour le Zn des fruits et (435.21-17 mg/Kg) pour le Cu des feuilles, (0.36-5.07 mg/Kg) pour le Cu des fruits pour la région du M'ziraa

Selon les normes proposés par (Loué, 1993) et (Tremel-Schaub et Feix, 2005), les résultats obtenus pour les teneurs de cuivre et de zinc dans les feuilles et les fruits sont classés avec les niveaux normaux.

1.3 - Caractérisations physico-chimiques des sols avant traitement

La caractérisation physico-chimique des sols avant traitement pour les deux sites (M'ziraa et El-ghrous) sont représentées dans le tableau n°09.

Tableau 09 : Analyses physico-chimiques des sols avant traitement

Elément dosé		Site	S1 T	S1 Tr	S2 T	S2 Tr	
Granulométrie	Diamètre des particules		%	%	%	%	
	<50µm		18.1	12.2	9.4	7.7	
	50-250 µm		40	28.2	57.2	44	
	250-500 µm		14.9	15.4	17.9	24.5	
	500 µm-2 mm		27	44.2	15.5	23.8	
CaCO ₃ (%)			41.12	42.80	15.94	14.27	
CE (mS/cm)			2.95	2.9	4.73	5.55	
pH			8.35	8.4	8.58	8.15	
MO (%)			0.67	1.07	0.67	1.47	
Anions	CO ₃ ⁼ (meq/l)		0	0	0	0	
	HCO ₃ ⁻ (meq/l)		0.3	0.3	0.25	0.25	
	Cl ⁻ (meq/l)		2.1	2.4	7.9	11	
	SO ₄ ⁼ (meq/l)		18.97	19.23	2.95	2.56	
Cations	Solubles	Na ⁺ (meq/l)		3.78	12.53	14.04	2.48
		K ⁺ (meq/l)		0.68	0.73	1.64	2.03
		Ca ⁺⁺ (meq/l)		11.94	12.02	28.46	28.46
		Mg ⁺⁺ (meq/l)		1.7	2.83	4.05	87.48
	Echangeables	Na ⁺ (meq/100g)		0.77	1.11	1.16	0.29
		K ⁺ (meq/100g)		0.2	0.21	0.16	0.19
		Ca ⁺⁺ (meq/100g)		11.82	9.22	26.85	28.06
		Mg ⁺⁺ (meq/100g)		0.20	0.81	5.06	6.08
Métaux lourds		Zn ⁺⁺ (µg/g)		0.10	0.11	0.01	0.05
		Cu ⁺⁺ (µg/g)		0.02	0.28	0.34	0.36

D'après les résultats analytiques présentés dans le Tableau 09 on remarque que :

D'après le diagramme de classification détaillée des textures (US taxonomy 1976 et clés de la taxonomie des sols, 1986 in Clément, et Françoise, 1998). On distingue que les échantillons des sols sont classés, en trois classes :

- 1- Classe des sols Loam argilo-sableux : pour les échantillons des sols S1 : T et S2 : Tr
- 2- Classe des sols Argile : pour les échantillons des sols S1 : Tr
- 3- Classe des sols Loam sableux : pour les échantillons des sols S2 : T

Pour le CaCO_3 : pour les teneurs de calcaire total toujours on observe qu'il y a une variation faible entre les valeurs des sols témoin et les valeurs des sols traités dans les deux sites. La diminution et l'augmentation de taux de calcaire des sols traités par rapport aux sols témoin peuvent être dues à la solubilisation du calcaire sous l'effet de l'irrigation, l'apport de la matière organique et les engrais. On observe aussi que les teneurs du calcaire dans le site 02 sont nettement inférieures à ceux du site 01. Cela est dû probablement à la présence du gypse dans le site 02 qui domine la fraction solide des sols.

Les sols du site 02 sont classés comme modérément calcaire et les sols du site 01 sont classés comme fortement calcaires (Baize, 2000).

Pour la CE : on remarque qu'il y a une déférence légère dans les teneurs de la CE des sols traités par rapport aux sols témoins dans les deux sites.

La diminution de la CE des sols traités par rapport aux sols témoins est due peut-être aux irrigations, qui provoquent un lessivage des sels. Par contre l'augmentation de la CE est due possiblement aux apports d'engrais et aux évapotranspirations.

Pour le pH : le pH des échantillons étudiés sont généralement très alcalin, la valeur minimale est enregistrée pour le sol traité de site 2 avec un pH de 8,15 et la valeur maximale est enregistrée pour le sol témoin de site 2 avec un pH de 8,58 (Sarkar et Haldar, 2005).

Pour la MO : selon les résultats obtenus de la matière organique on remarque que les sols traités présentent des taux faiblement supérieurs de matière organique par rapport aux sols témoins cela est dû aux apports de fumier par les agriculteurs.

Selon (I.T.A ,1977) les sols traités sont pauvres en matière organique par contre les sols témoins sont très pauvre.

Pour les anions : Pour les teneurs des anions on remarque qu'il y a une dominance principale des sulfates pour le site 1 avec des taux qui varient de 88.77% et une teneur de 18.97meq/l pour S1 : T et 87.69% pour le S1 : Tr avec une teneur de 19.23meq/l et secondairement les chlorures avec des taux qui varient de 9.83% et une teneur de 2.1meq/l pour S1 : T et 10.94% pour le S1 : Tr avec une teneur de 2.4meq/l. Par contre une dominance des chlorure pour le site 2 avec des taux qui varient de 71.17% et une teneur de 7.9meq/l pour S2 : T et 79.65% pour le S2 : Tr avec une teneur de 11meq/l, et les sulfates viennent en deuxième position avec des taux qui varient de 26.58% et une teneur de 2.95meq/l pour S2 : T et 18.54% pour le S2 : Tr avec une teneur de 2.56meq/l. Les valeurs de HCO_3^- sont toujours à des concentrations très faible, et les CO_3^{2-} avec des concentrations nulles pour les deux sites.

Pour les cations solubles : Pour les teneurs des cations solubles on remarque qu'il y a une dominance du Ca^{++} dans les sols témoins pour les deux sites avec des taux qui varient de 65% et une teneur de 11.94meq/l pour S1 : T et 59.05% pour le S2 : T avec une teneur de 28.46meq/l, mais avec un écart important dans les teneurs du site 02 par rapports aux teneurs du site 01 malgré que les taux de CaCO_3 du site 01 est nettement supérieurs au site 02. Donc les valeurs élevées du calcium soluble du site 02 sont dues probablement à la présence du gypse qui est plus soluble que le CaCO_3 . Par contre une dominance partagée entre le Na^+ et le Ca^{++} pour les sols traités de site 1 avec des taux de 44.57% et une teneur de 12.53meq/l et 42.76% qui correspond à 12.02meq/l successivement et une dominance de Mg^{++} pour les sols traités de site 2 avec un taux de 72.62% où peuvent être influencée par la présence de résidus des engrais. Les teneurs de K^+ sont nettement inférieures par rapport aux autres cations.

Pour les cations échangeables : On remarque que les bases échangeables les plus retenues sur le complexe argilo-humique sont les cations bivalents (Ca^{++} et Mg^{++}) par rapport aux cations monovalents (Na^+ et K^+) pour le site 2 avec des taux qui varient de 80.80% et 15.23% pour S2 : T et 81.05% et 17.56% pour le S2 : Tr pour le Ca^{++} et le Mg^{++} successivement, mais avec un écart important dans les teneurs du Ca^{++} par rapports aux teneurs de Mg^{++} . Et par Ca^{++} pour le site 1 à cause de la richesse des sols en CaCO_3 avec des taux de 90.99% et une teneur de 11.82meq/l pour les sols témoins et 81.23% qui correspond à une valeur de 9.22meq/l pour les sols traités.

Pour les métaux lourds : Pour les résultats des métaux lourds montrent qu'il y a des concentrations élevées dans les teneurs du zinc et de cuivre des sols traités en comparaison avec les teneurs des sols témoins. Les teneurs de Cu^{++} enregistrer dans le site 01 qui correspond à $0.02\mu\text{g/g}$ pour les sols témoins et $0.28\mu\text{g/g}$ pour les sols traités sont inférieure à celle de site 02 qui correspond à $0.34\mu\text{g/g}$ pour le les sols témoins et $0.36\mu\text{g/g}$ pour les sols traités. Par contre les teneurs de Zn^{++} enregistrer dans le site 01 qui correspond à $0.10\mu\text{g/g}$ pour les sols témoins et $0.11\mu\text{g/g}$ pour les sols traités sont supérieur à celle de site 02 qui correspond à $0.01\mu\text{g/g}$ pour les sols témoins et $0.05\mu\text{g/g}$ pour les sols traités.

Selon les seuils de toxicité du sol proposés par (Coïc et Coppenet in Baize, 2000) nos échantillons sont très lointains aux seuils de toxicités qui sont de 100 mg/kg pour le Zn^{++} et 120 mg/kg pour le Cu^{++} .

A decorative graphic of a scroll with a grey shadow on the left side, framing the text.

Chapitre « 2 »

Expérience de lixiviation

2- Expérience de lixiviation

Le lessivage des minéraux dépend en principe des facteurs météorologiques notamment la quantité et la force d'eau qui traverse le sol, des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol.

Les principaux objectifs de l'expérience de lixiviation sont :

- D'explorer les effets de l'application de la matière organique sur la rétention ou le lessivage du Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} , Na^+ , Zn^{++} , Cu^{++} , CO_3^- , HCO_3^- , des sulfates, et des chlorures et aussi de déterminer leur répartition dans les différentes couches des sols.
- Suivre l'évolution du pH, de la conductivité électrique (CE), de la matière organique (MO), et du calcaire total (CaCO_3) pendant l'expérimentation.

2.1 - Influence des matières organiques sur les caractéristiques physico-chimiques du sol

Les résultats de l'influence des matières organiques sur les caractéristiques physico-chimiques du sol sont représentés dans le tableau n° 10 jusqu'au le tableau n°17

2.1.1 - Influence des matières organiques sur le pH, la MO, la CE et le CaCO_3 du sol

2.1. 1.1 – Site 01

Le tableau n° 10 représente l'effet de lixiviation des matières organiques sur le pH, la MO, la CE et le CaCO_3 du sol de la région du M'ziaa.

Tableau 10 : Effet de lixiviation des matières organiques sur le pH, la MO, la CE et le CaCO₃
du sol de la région du M'ziaa

Matière utilisée		EFV			EDTA			H2O distillée
élément à analysé	Niveau	25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
pH	00-10cm	8.47	8.22	8.26	8.50	8.48	8.16	8.28
	10-20cm	8.41	8.21	8.30	8.36	8.34	8.24	8.24
	20-30cm	8.48	8.32	8.32	8.48	8.40	8.41	8.33
	Moyenne	8.45	8.25	8.29	8.45	8.41	8.27	8.28
CE (mS/cm)	00-10cm	1.82	1.18	1.91	2.59	1.77	1.68	1.79
	10-20cm	2.25	1.58	2.33	2.5	2.72	2.72	2.01
	20-30cm	2.64	1.59	3.30	2.64	2.7	2.59	2.43
	Moyenne	2.24	1.45	2.51	2.58	2.40	2.33	2.08
MO (%)	00-10cm	1.07	1.41	1.67	1.14	1.47	1.14	1.07
	10-20cm	1.00	1.07	1.20	1.07	1.07	1.14	0.94
	20-30cm	1.00	1.14	1.14	1.00	0.94	1.14	1.07
	Moyenne	1.02	1.21	1.34	1.07	1.16	1.14	1.03
CaCO ₃ (%)	00-10cm	41.96	42.38	44.06	42.80	42.38	42.80	43.22
	10-20cm	41.96	41.96	41.96	42.80	42.80	42.38	43.22
	20-30cm	41.96	42.38	42.80	42.38	42.80	41.54	43.22
	Moyenne	41.96	42.24	42.94	42.66	42.66	42.24	43.22

L'observation des résultats de Tableau 10 montre qu'il y a une légère variation dans les propriétés physico-chimiques (pH, CE, MO, CaCO₃) des sols étudiés avec différentes matières organiques à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes de sol du M'ziraa par rapport au traitement de contrôle après 8 semaines. Ces valeurs sont comprises entre 8.16 à 8.5 pour le pH, 1.18 mS/ cm et 2.72 mS / cm pour la CE, 0.94% et 1.67% pour la MO et 41.538% et 44.056% pour le CaCO₃.

- Pour le pH :

Les teneurs moyennes de pH des sols étudiés avec différents matières organiques (EDTA et EFV) à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes et celle de traitement de contrôle restent très alcalines et autour de 8.5 tout au long de l'expérience d'une part et avec les teneurs initiale d'autre part.

- Pour la CE :

D'après la consultation des valeurs moyennes des sels, on remarque qu'il y' a une variation instable dans les teneurs moyennes des sels pour les colonnes traité avec EFV. Par contre il y à un lessivage des sels qu'est augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique pour les colonnes traité avec l'EDTA. On observe aussi des différences significatives de concentrations des sels entre la couche supérieure (N1) et les deux couches inférieures (N2et N3) dans les colonnes des sols étudiés qui ont été causés par les matières organiques et de leurs niveaux d'application, Les concentrations de la CE du sol augmentent avec la profondeur de colonne. D'après ces variations on peut dire que les profondeurs (10-20) et (20-30) forment des horizons d'accumulation de sels issus de la surface.

Les teneurs moyennes des sels de traitement de contrôle sont inférieures par rapport aux teneurs moyennes des sels pour les colonnes traitées avec l'EDTA et EFV. Cela est indiqué par les éléments chimiques contenant dans la matière organique et leur effet sur l'accumulation des sels dans le sol. Par contre Les teneurs initiales des sels sont supérieures aux teneurs moyennes pour le traitement de contrôle et celles des colonnes traitées avec l'EDTA et EFV. Cela est indiqué par le lessivage des sels dans les sols étudiés.

- Pour la MO :

Les teneurs moyennes de la matière organique (MO) varies selon la matière utilisée et augmente en fonction de l'augmentation de leur niveau d'application. Les teneurs moyennes des colonnes contenant les sols traité avec l'EDTA et EFV sont supérieures à celle de traitement de contrôle d'une part et avec les teneurs initiale d'autre part.

- Pour le CaCO₃ :

On remarque qu'il y a une stabilisation dans les valeurs initiales de calcaire total des sols étudiés et les teneurs moyennes des sols étudiés avec différentes matières organiques à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes et celle de traitement de contrôle tout au long de l'expérience.

2.1.1.2 – Site 02

Le tableau n° 11 représente l'effet de lixiviation des matières organiques sur le pH, la MO, la CE et le CaCO₃ du sol de la région d'El-ghrous.

Tableau 11 : Effet de lixiviation des matières organiques sur le pH, la MO, la CE et le CaCO₃ du sol de la région d'El-ghrous

Matière utilisée		EFV			EDTA			H2O distillée
élément à analysé	Niveau	25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
pH	00-10cm	8.08	8.16	7.82	8.46	8.51	8.51	8.40
	10-20cm	8.20	8.46	8.15	8.35	8.45	8.56	8.24
	20-30cm	8.24	8.33	8.01	8.40	8.36	8.70	8.71
	Moyenne	8.17	8.32	7.99	8.40	8.44	8.59	8.45
CE (mS/cm)	00-10cm	2.59	2.87	3.16	2.38	2.58	2.74	2.19
	10-20cm	2.57	2.56	2.83	2.46	2.55	2.74	2.15
	20-30cm	2.57	2.66	3.02	2.59	2.67	2.76	2.32
	Moyenne	2.58	2.70	3.00	2.48	2.60	2.75	2.22
MO (%)	00-10cm	1.87	2.14	1.81	1.47	1.54	1.61	1.54
	10-20cm	1.54	1.47	1.74	1.41	1.54	1.47	1.47
	20-30cm	1.54	1.54	1.54	1.54	1.67	1.20	1.34
	Moyenne	1.65	1.72	1.70	1.47	1.58	1.43	1.45
CaCO ₃ (%)	00-10cm	16.78	15.11	15.94	14.69	14.27	13.85	13.85
	10-20cm	14.27	13.85	15.11	13.85	12.17	14.27	14.27
	20-30cm	15.11	15.94	15.11	16.36	15.11	13.85	15.11
	Moyenne	15.38	14.97	15.38	14.97	13.85	13.99	14.41

D'après les valeurs analytiques de tableau 11 on observe qu'il y a une variation instable et faible dans les propriétés physico-chimiques (pH, CE, MO, CaCO₃) des sols étudiés avec différents matières organiques à différents niveaux

d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes de sol d'El-ghrous par rapport au traitement de contrôle après 8 semaines, avec des valeurs qui sont comprises entre 8.7 et 7.82 pour le pH, 3.16mS/cm et 2.15mS/cm pour la CE, 2.14% et 1.34% pour la MO et 16.78% et 12.16% pour le CaCO₃.

- Pour le pH :

Les teneurs moyennes de pH des sols étudiés avec différents matières organiques à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes et celle de traitement de contrôle reste alcalin à très alcalin tout au long de l'expérience. Il n'y pas de différence entre les teneurs de pH des colonnes contenant les sols traité avec l'EDTA et EFV et celle de traitement de contrôle d'une part et avec les teneurs initiale d'autre part.

- Pour la CE :

On observe des différences significatives de concentrations des sels entre la couche la plus profonde (N3) et les deux couches supérieures (N1 et N2) dans les colonnes des sols qui sont traités par l'EDTA et celle de traitement de contrôle où Les concentrations de la CE du sol augmentent avec la profondeur de colonne. Par contre on remarque qu'il y' a une variation instable dans les teneurs moyennes des sels dans les colonnes des sols qui sont traités par EFV où La couche supérieure forme un horizon d'accumulation des sels.

D'après la consultation des valeurs moyennes des sels, on remarque qu'il y' a une accumulation des sels qu'est augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique utilisée.

Les teneurs moyennes des sels de traitement de contrôle sont inférieures par rapport aux teneurs moyennes des sels pour les colonnes traitées avec l'EDTA et EFV. Cela est indiqué par les éléments chimiques contenant dans la matière organique et leur effet sur l'accumulation des sels dans le sol.

Les teneurs initiales des sels sont supérieures aux teneurs moyennes pour le traitement de contrôle et celles des colonnes traitées avec l'EDTA et EFV. Cela est indiqué par le lessivage des sels dans les sols étudiées.

- Pour la MO :

On remarque qu'il y a une variation instable dans les teneurs moyennes de la matière organique (MO), ces variations sont variées selon la matière utilisée. Les teneurs moyennes de la matière organique (MO) des colonnes contenant les sols traité avec l'EDTA et EFV sont supérieures à celle de traitement de contrôle d'une part et avec les teneurs initiale d'autre part.

- Pour le CaCO₃ :

On remarque qu'il y a une stabilisation dans les valeurs initiales de calcaire total des sols étudiés et les teneurs moyennes des sols étudiés avec différents matières organiques à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes et celle de traitement de contrôle tout au long de l'expérience.

Conclusion

Les matières organiques étudiés ont une influence variable sur les propriétés physico-chimiques des sols.

Le lessivage des sels vers les couches profondes dans les sols étudie variées selon le type de la matière utilisée, son niveau d'application et le type de sol qui a été lessivé.

Les matières organiques étudiés contribuent dans l'accumulation des sels par rapport au traitement de contrôle.

D'après les teneurs de la CE atteint après l'expérience de lixiviation en comparaison avec les teneurs initiales, on peut dire que le sol de la région de M'ziraa est résisté mieux au lessivage que celle de la région d'El-ghrous.

2.1.2 - Influence des matières organiques sur les cations solubles du sol

2.1.2.1 – Site 01

Effet de lixiviation des matières organiques sur les cations solubles des sols de la région du M'ziaa sont résumés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Effet de lixiviation des matières organiques sur les cations solubles des sols de la région du M'ziaa

Matière utilisée	Niveau	EFV			EDTA			H2O distillée
		25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
Na (meq/l)	00-10cm	1.28	2.02	2.39	3.50	13.81	14.66	0.43
	10-20cm	1.00	1.81	2.08	2.78	10.88	10.27	1.09
	20-30cm	3.47	0.83	1.75	2.69	4.00	10.64	1.63
	Moyenne	1.92	1.55	2.07	2.99	9.56	11.86	1.05
K (meq/l)	00-10cm	3.38	6.26	6.48	0.54	0.50	0.48	0.62
	10-20cm	1.03	1.14	1.43	1.18	0.72	0.70	0.73
	20-30cm	1.19	1.02	1.30	1.26	1.57	0.74	1.14
	Moyenne	1.87	2.81	3.07	0.99	0.93	0.64	0.83
Ca (meq/l)	00-10cm	7.21	5.61	5.61	7.62	7.21	6.93	10.74
	10-20cm	9.62	12.43	10.74	12.51	11.30	12.63	11.22
	20-30cm	8.82	10.02	12.55	10.22	12.02	11.14	12.83
	Moyenne	8.55	9.35	9.63	10.11	10.18	10.23	11.60
Mg (meq/l)	00-10cm	1.01	0.41	0.61	0.49	0.41	0.20	0.20
	10-20cm	1.34	1.42	7.13	1.74	2.27	0.61	1.82
	20-30cm	3.85	1.82	3.73	2.75	3.32	1.82	1.82
	Moyenne	2.07	1.22	3.82	1.66	2.00	0.88	1.28

L'observation des résultats des cations solubles de Tableau 12 montre qu'il existe 2 cas distinctifs:

Pour les cations de Ca^{++} et Mg^{++} varient de la même façon dans tous les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes de sol du M'ziraa, même variation avec le K^+ pour les colonnes qui sont traités avec l'EDTA et celle de traitement de contrôle, où on observe que La quantité des cations de sol qui ont été lessivé avec différents niveaux de matières organiques étudiés dans ces colonnes augmente avec la profondeur.

Pour les colonnes des cations de Na^+ qui sont traités avec l'EDTA et celle de EFV et pour le K^+ pour les colonnes qui sont traités avec EFV varient de la même façon dans tous les colonnes avec différents matières organiques utilisées à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes de sol, où on observe qu'il y a des différences significatives de concentrations des cations entre les deux couches supérieures (N1 et N2) et la couche profonde (N3) où Les concentrations des cations du sol diminuer avec la profondeur de colonne.

D'après la consultation des valeurs moyennes des cations, on comparaison avec les valeurs initiales d'une part, on remarque qu'il y' a un lessivage des cations dans tous les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application avec des valeurs variées selon le niveau et le type de matière organique utilisé, à l'exception aux valeurs de K^+ où il y a une accumulation de ces cations dans le sol. Et on comparaison d'autre part, avec les valeurs de traitement de contrôle, on remarque qu'il y' a une accumulation des cations qui sont augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique utilisée avec des valeurs variées selon le niveau et le type de matière organique utilisé.

On remarque aussi que, les valeurs moyennes des cations pour les colonnes de contrôle atteint après l'expérience de lixiviation sont inférieures aux valeurs moyennes des cations pour les colonnes traités soit par l'EDTA ou par EFV, à l'exception aux valeurs moyennes de K^+ .

L'ensemble des teneurs moyennes des cations solubles atteint après l'expérience de lixiviation sont en concordance a celles des valeurs de la CE.

2.1.2.2 – Site 02

Effet de lixiviation des matières organiques sur les cations solubles des sols de la région d'El-ghrous sont résumés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Effet de lixiviation des matières organiques sur les cations solubles des sols de la région d'El-ghrous

Matière utilisée		EFV			EDTA			H2O distillée
élément à analysé	Niveau	25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
Na (meq/l)	00-10cm	0.565	0.825	1.122	1.377	2.340	2.812	0.110
	10-20cm	0.272	0.442	0.659	1.330	2.170	2.704	0.124
	20-30cm	0.485	0.825	0.872	1.301	2.175	2.798	0.102
	Moyenne	0.441	0.697	0.884	1.336	2.228	2.771	0.112
K (meq/l)	00-10cm	3.086	5.181	6.140	0.280	0.293	0.207	0.250
	10-20cm	2.638	3.797	4.797	0.572	0.531	0.511	0.553
	20-30cm	2.926	4.421	4.989	1.119	0.719	1.223	1.295
	Moyenne	2.883	4.466	5.309	0.657	0.514	0.647	0.699
Ca (meq/l)	00-10cm	14.028	14.228	13.828	14.228	14.910	14.108	14.228
	10-20cm	13.747	14.749	13.747	15.150	14.669	13.828	14.629
	20-30cm	14.709	14.629	13.828	14.349	14.429	14.028	14.629
	Moyenne	14.161	14.535	13.801	14.576	14.669	13.988	14.495
Mg (meq/l)	00-10cm	1.013	1.215	0.810	0.405	0.162	0.729	0.121
	10-20cm	0.486	1.094	0.486	0.486	0.162	1.823	0.364
	20-30cm	1.134	0.405	0.284	0.365	0.243	0.324	0.203
	Moyenne	0.878	0.905	0.527	0.419	0.189	0.959	0.229

D'après la consultation des résultats des cations de tableau 13 montrent qu'il existe 3 cas distinctifs:

- Pour les colonnes des cations de Ca^{++} qui sont traités avec l'EDTA et celle de EFV et Mg^{++} pour les colonnes qui sont traités avec EFV varient de la même façon dans tous les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes de sol, on observe aussi que les teneurs moyennes de ces cations augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matières organiques. Toujours les quantités moyennes de ces cations de sol qui ont été lessivé avec différents niveaux de matières organiques étudiés dans ces colonnes étaient supérieures à ceux du traitement de contrôle pour le Mg^{++} et instable pour le Ca^{++} .
- Pour les teneurs moyennes des cations de K^+ et Mg^{++} qui sont traités avec l'EDTA varient de la même façon pour les différentes niveaux d'application de la matière organique, où on observe que la quantité des cations de sol qui ont été lessivé avec différents niveaux de matières organiques étudiés dans ces colonnes étaient supérieures à ceux du traitement de contrôle et augmente avec le niveau d'application de la matière organique.
- Pour les colonnes des cations de Na^+ qui sont traités avec l'EDTA et celle de EFV et K^+ pour les colonnes qui sont traités avec EFV varient de la même façon dans tous les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes de sol, on observe aussi que les teneurs moyennes de ces cations augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matières organiques. Toujours les quantités moyennes de ces cations de sol qui ont été lessivé avec différents niveaux de matières organiques étudiés dans ces colonnes étaient supérieures à ceux du traitement de contrôle.

D'après la consultation des valeurs moyennes des cations atteint après l'expérience de lixiviation, on comparaison avec les valeurs initiales d'une part, on remarque qu'il y' a un lessivage des cations dans tous les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application avec des valeurs variées selon le niveau et le type de matière organique utilisé, et on comparaison d'autre part, avec les valeurs de traitement de contrôle, on remarque qu'il y' a une accumulation des cations

qui sont augmentés avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique utilisée avec des valeurs variées selon le niveau et le type de matière organique utilisé .

La comparaison entre les valeurs moyennes des cations pour les colonnes de traitement de contrôles atteint après l'expérience de lixiviation et celles des sols traités de la même façon soit par l'EDTA ou par EFV indique que les sols traités soit par l'EDTA ou par EFV retiennent une partie de ces éléments, à l'exception aux valeurs moyennes de K^+ .

L'ensemble des teneurs moyennes des cations atteint après l'expérience de lixiviation sont en concordance avec celles des valeurs de la CE.

Conclusion

Les matières organiques étudiées ont une influence variable, soit sur l'accumulation des cations dans les sols par rapport au traitement de contrôle, soit sur le lessivage de ces cations en comparaison avec les teneurs initiales.

Les 2 couches inférieures (N2 et N3) de toutes les colonnes des sols étudiés qui ont été lessivées par ces matières organiques à des niveaux différents contiennent des teneurs plus élevées des cations que celui du traitement de contrôle. Toutefois, les quantités des cations de sol qui ont été déplacées varient selon le type de matière organique, son niveau ajouté et le type de sol.

Les teneurs moyennes des cations atteintes après l'expérience de lixiviation sont en concordance avec les valeurs de la CE.

2.1.3 - Influence des matières organiques sur les anions du sol

2.1.3.1 – Site 01

Le tableau ci-dessous (14) représente l'effet de lixiviation des matières organiques sur les anions des sols de la région du M'ziaa.

Tableau 14 : Effet de lixiviation des matières organiques sur les anions des sols de la région du M'ziaa

Matière utilisée	Niveau	EFV			EDTA			H2O distillée
		25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
CO ₃ (meq/l)	00-10cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10-20cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	20-30cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Moyenne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ (meq/l)	00-10cm	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.10	0.20
	10-20cm	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30
	20-30cm	0.20	0.10	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
	Moyenne	0.20	0.17	0.30	0.30	0.30	0.20	0.27
Cl (meq/l)	00-10cm	0.80	0.60	6.50	1.40	4.00	0.80	0.30
	10-20cm	0.60	0.60	1.40	2.00	3.80	1.20	0.60
	20-30cm	0.80	0.80	2.00	1.40	0.50	1.40	2.30
	Moyenne	0.73	0.67	3.30	1.60	2.77	1.13	1.07
SO ₄ (meq/l)	00-10cm	13.59	12.56	17.18	23.08	17.18	18.72	18.97
	10-20cm	17.18	2.74	15.90	22.82	17.69	17.69	31.80
	20-30cm	18.21	19.74	18.72	22.82	18.72	16.15	31.28
	Moyenne	16.32	11.68	17.26	22.91	17.86	17.52	27.35

D'après les résultats de Tableau 14, on remarque qu'il y a une stabilisation dans les teneurs de HCO₃⁻ avec des concentrations moyennes très faibles dans toutes les colonnes avec différents traitements des matières utilisées à différents niveaux

d'application et celle du traitement de contrôle. Tandis que, les teneurs moyennes des anions de SO_4^- et Cl^- connus une évolution instable dans toutes les colonnes avec différents niveaux d'application des matières organiques utilisées. Et les concentrations de CO_3^- sont nulles.

On comparaison d'une part les valeurs moyennes des anions atteint après l'expérience de lixiviation avec les valeurs initiales des anions, on remarque qu'il y' a une légère lessivage des anions dans la majorité des colonnes avec différents traitements des matières utilisées à différents niveaux d'application avec des valeurs variées selon le niveau et le type de matière organique utilisé, et on comparaison d'autre part, avec les valeurs moyennes des anions atteint après l'expérience de lixiviation et celle de traitement de contrôle, on remarque qu'il y' a des variations instables dans les anions.

On comparaison les valeurs moyennes des anions avec les valeurs moyennes des cations atteignent après l'expérience de lixiviation, on peut dire que les anions sont moins affectés par le lessivage que les cations.

L'ensemble des teneurs moyennes des anions atteignent après l'expérience de lixiviation sont en concordance avec les valeurs de la CE.

2.1.3.2 – Site 02

Le tableau ci-dessous (15) représente l'effet de lixiviation des matières organiques sur les anions des sols de la région d'El-ghrous.

Tableau 15 : Effet de lixiviation des matières organiques sur les anions des sols de la région d'El-ghrous.

Matière utilisée	Niveau	EFV			EDTA			H2O distillée
		25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
CO ₃ (meq/l)	00-10cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10-20cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	20-30cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Moyenne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ (meq/l)	00-10cm	0.30	0.20	0.20	0.30	0.20	0.30	0.30
	10-20cm	0.20	0.20	0.20	0.10	0.20	0.30	0.30
	20-30cm	0.20	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.30
	Moyenne	0.23	0.23	0.23	0.20	0.20	0.27	0.30
Cl (meq/l)	00-10cm	0.40	1.00	0.40	1.00	0.60	1.60	0.60
	10-20cm	0.40	0.60	2.00	1.00	0.60	3.00	0.40
	20-30cm	0.40	0.60	1.20	0.60	1.00	1.00	0.50
	Moyenne	0.40	0.73	1.20	0.87	0.73	1.87	0.50
SO ₄ (meq/l)	00-10cm	2.36	6.92	10.51	20.51	17.69	17.18	6.67
	10-20cm	5.64	11.28	12.82	17.18	17.95	13.08	12.82
	20-30cm	15.39	13.33	15.13	15.39	14.62	15.64	8.21
	Moyenne	7.80	10.51	12.82	17.69	16.75	15.30	9.23

Les résultats analytiques de Tableau 15 montre que :

Toujours, on remarque qu'il y a une stabilisation dans les teneurs de HCO₃⁻ avec des concentrations moyennes très faibles dans toutes les colonnes avec différents traitements des matières organiques utilisées à différents niveaux d'application et celle du traitement de contrôle. Par contre les concentrations de CO₃⁼ sont nulles.

Les anions de SO₄⁼ sont moins affectés par le lessivage que le Cl⁻. Les concentrations des anions étudiés pour toutes les colonnes avec différents niveaux d'application de différentes matières utilisées sont supérieurs à celle du traitement de

contrôle, à l'exception de HCO_3^- où les valeurs sont inférieures à celle de traitement de contrôle.

D'après la consultation des valeurs moyennes des anions atteint après l'expérience de lixiviation, on comparaison avec les valeurs initiales d'une part, on remarque qu'il y a un lessivage de Cl^- et HCO_3^- dans tous les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application avec des valeurs varie selon le niveau et le type de matière organique utilisée, par contre un lessivage de $\text{SO}_4^{=}$ pour les sols traité avec EFV et une accumulation de $\text{SO}_4^{=}$ pour les sols traité avec l'EDTA où peut être il y à une solubilisation soit des sels ou de gypse. Et on comparaison d'autre part, avec les valeurs de traitement de contrôle, on remarque qu'il y a une accumulation des anions avec des valeurs variées selon le type de la matière organique utilisée et leurs niveau d'application, à l'exception aux anions de HCO_3^- où le sol de traitement de contrôle retient une partie de ces anions.

On comparaison les valeurs moyennes des anions avec les valeurs moyennes des cations atteint après l'expérience de lixiviation, on peut dire que les anions sont moins affectés par le lessivage que les cations.

L'ensemble des teneurs moyennes des anions atteint après l'expérience de lixiviation sont en concordance avec les valeurs de la CE.

Conclusion

D'après la consultation des résultats des analyses des anions de deux sites on peut dire que :

L'ensemble des teneurs moyennes des anions atteint après l'expérience de lixiviation sont en concordance avec les valeurs de la CE.

On comparaison les valeurs moyennes des anions avec les valeurs moyennes des cations atteint après l'expérience de lixiviation, on peut dire que les anions sont moins affectés par le lessivage que les cations.

Les traitements des matières organiques utilisées ont une influence variable sur l'accumulation des anions dans les sols en comparaison avec le traitement de contrôle d'une part, et un lessivage de ces anions en comparaison avec les analyses initiales d'autre part.

2.1.4 - Influence des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) du sol

2.1.4.1 – Site 01

Effet de lixiviation des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) du sol de la région du M'ziaa sont représentées dans le tableau n°16.

Tableau 16 : Effet de lixiviation des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) des sols de la région du M'ziaa

Matière utilisée		EFV			EDTA			H2O distillée
élément à analysé	Niveau	25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
Zn (µg/g)	00-10cm	0.26	0.19	0.41	0.33	0.19	0.17	0.31
	10-20cm	0.31	0.41	0.27	0.11	0.14	0.13	0.18
	20-30cm	0.20	0.25	0.35	0.13	0.20	0.15	0.15
	Moyenne	0.26	0.28	0.34	0.19	0.18	0.15	0.21
Cu (µg/g)	00-10cm	1.15	1.43	1.00	0.67	1.10	0.62	1.85
	10-20cm	1.44	1.21	0.80	1.32	0.74	1.00	0.43
	20-30cm	1.30	3.03	1.38	1.28	0.86	0.80	0.45
	Moyenne	1.30	1.89	1.06	1.09	0.90	0.80	0.91

Selon les résultats analytiques de Tableau 16, on remarque qu'il y' a une évolution instable dans les valeurs moyennes de Cu^{++} , et une accumulation du Zn^{++} augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique pour les échantillons traités par l'EFV. Par contre le lessivage de Cu^{++} et Zn^{++} augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique et avec la profondeur pour les échantillons traités par l'EDTA où les valeurs atteint sont inférieures à celle au traitement de contrôle.

La matière organique EFV contribue dans l'accumulation des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) par rapport aux l'EDTA.

D'après la consultation de Tableau 16 nous semblons que les micro-éléments ont été très peu affectés par le lessivage. Cela est indiqué par la faible concentration ($< 1 \mu\text{g/g}$ pour le Zn^{++} et < 1.5 pour le Cu^{++}) des teneurs initiale du sol en Zn^{++} et en Cu^{++} . Nos résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs (Bugbee et *al.*, 1991; Cabrera et *al.*, 1989 ; Emerich et *al.*, 1982; Giusquiani et *al.*, 1992 in Soumaré et *al.*, 2002).

Les teneurs faibles des concentrations initiales de Zn^{++} et Cu^{++} sont dues à leurs faibles teneurs de la fraction soluble dans l'eau des sols et du matière organique (Soumaré et *al.*, 2000 a et b in Soumaré et *al.*, 2002) et au processus d'adsorption sur les colloïdes ou une complexation avec la matière organique (Boyle et Fuller, 1987; Kabata-Pendias, 1995 in Soumaré et *al.*, 2002).

En comparaison d'une part les valeurs moyennes des métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}) atteint après l'expérience de lixiviation avec les valeurs initiales des métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}), on remarque qu'il y' a une accumulation des métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}) dans toutes les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application avec des valeurs variées selon le niveau et le type de matière organique utilisé, et on comparaison d'autre part les valeurs moyennes des métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}) atteint après l'expérience de lixiviation et celle de traitement de contrôle, on remarque qu'il y' a des variations instables dans les métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}).

En comparaison les valeurs initiales des métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}), des cations et des anions avec les valeurs moyennes des métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}), des cations et des anions atteint après l'expérience de lixiviation, on peut dire que les métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}) sont moins affectés par le lessivage que les cations et les anions.

2.1.4.2 – Site 02

Effet de lixiviation des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) de la région d'El-ghrous sont représentées dans le tableau n°17.

Tableau 17 : Effet de lixiviation des matières organiques sur les métaux lourds (Zn et Cu) des sols de la région d'El-ghrous

Matière utilisée		EFV			EDTA			H2O distillée
élément à analysé	Niveau	25 g	50 g	75 g	2 mmole	4 mmole	6 mmole	
Zn (µg/g)	00-10cm	0.35	0.16	0.17	0.20	0.10	0.09	0.07
	10-20cm	0.16	0.34	0.40	0.17	0.09	0.08	0.23
	20-30cm	0.23	0.23	0.18	0.08	0.06	0.07	0.23
	Moyenne	0.24	0.24	0.25	0.15	0.08	0.08	0.18
Cu (µg/g)	00-10cm	1.00	0.98	1.11	1.29	0.62	0.32	1.42
	10-20cm	0.41	1.46	1.03	0.73	0.77	0.93	0.69
	20-30cm	0.33	0.76	1.03	0.96	1.00	0.41	1.05
	Moyenne	0.58	1.07	1.06	0.99	0.80	0.55	1.05

Selon les résultats analytiques de tableau 17, on remarque qu'il y' une accumulation de Cu^{++} , et du Zn^{++} où les valeurs moyennes augmentent avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique pour les échantillons traitées par l'EFV avec des teneurs faibles. Par contre le lessivage de Cu^{++} et Zn^{++} augmente avec l'augmentation de niveau d'application de la matière organique et avec la profondeur pour les échantillons traités par l'EDTA, où les valeurs atteint après l'expérience de lixiviation sont inférieures à celle de traitement de contrôle.

Toujours comme le site 01 la matière organique EFV contribue à l'accumulation des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) par rapport aux l'EDTA.

D'après la consultation de tableau 17 nous semblons que les micro-éléments ont été très peu affectés par le lessivage. Cela est indiqué par la faible concentration (< 1 µg/g pour le Zn^{++} et < 1.5 pour le Cu^{++}) des teneurs initiale du sol en Zn^{++} et en Cu^{++} .

Nos résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs (Bugbee et *al.*, 1991; Cabrera et *al.*, 1989 ; Emerich et *al.*, 1982; Giusquiani et *al.*, 1992 in Soumaré et *al.*, 2002). L'augmentation des concentrations de Zn^{++} et Cu^{++} atteint après l'expérience de lixiviation par rapport aux valeurs initiales sont dues probablement à :

- L'augmentation des teneurs de la fraction soluble dans l'eau des sols et de la matière organique (Soumaré et *al.*, 2000 a et b in Soumaré et *al.*, 2002) et au processus d'adsorption sur les colloïdes ou une complexation avec la matière organique (Boyle et Fuller, 1987; Kabata-Pendias, 1995 in Soumaré et *al.*, 2002).
- Contribution de la matière organique par leurs teneurs en ces éléments (les apports répétés).

Conclusion

L'augmentation des concentrations de Zn^{++} et Cu^{++} atteint après l'expérience de lixiviation par rapport aux valeurs initiales est due probablement à :

- ✚ L'augmentation des teneurs de la fraction soluble dans l'eau des sols et de la matière organique (Soumaré et *al.*, 2000 a et b in Soumaré et *al.*, 2002) et aux processus d'adsorption sur les colloïdes ou une complexation avec la matière organique (Boyle et Fuller, 1987; Kabata-Pendias, 1995 in Soumaré et *al.*, 2002).
- ✚ Contribution de la matière organique par leurs teneurs en ces éléments (les apports répétés). (Han et *al.*, (1999) in Soumaré et *al.*, 2002) ont démontré que des apports répétés de fumiers de volailles ont augmenté les teneurs en cuivre et en zinc.

Les teneurs en métaux lourds atteint après l'expérience de lixiviation pour les échantillons du sol du M'ziraa sont supérieures à celles des échantillons du sol d'El-grous traités de la même façon (Tableau 16 et 17). Ceci peut être relativement dû aux caractéristiques physico-chimiques tel que la teneur élevée en argile pour les sols du M'ziraa.

Les micro-éléments (Cu^{++} et Zn^{++}) ont été très peu affectés par le lessivage. Cela est indiqué par des faibles teneurs initiales du sol par ces métaux ($< 0,5 \mu\text{g/g}$). Nos

résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs (Bugbee et *al.*, 1991; Cabrera et *al.*, 1989 ; Emerich et *al.*, 1982; Giusquiani et *al.*, 1992 in Soumaré et al., 2002).

La matière organique EFV à un effet importante dans l'accumulation des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) par rapport aux l'EDTA et celle de traitement de contrôle.

En comparaison entre les concentrations des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) de nos résultats atteint après l'expérience de lixiviation et celle de (Mahrous Y. M., 2007) qui sont traité de la même façon indique que les métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) varient de la même façon dans toutes les colonnes avec différents matières utilisées à différents niveaux d'application dans toutes les couches de toutes les colonnes de sol. Par contre en comparaison entre les concentrations des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) de nos résultats atteint après l'expérience de lixiviation avec les valeurs initiales (avant de l'expérience de lixiviation) et celle des résultats trouvées par (Mahrous Y. M., 2007), on observe qu'il y une accumulation des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) dans les sols étudiés. Par contre il y à un lessivage des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) dans les sols étudiés (Mahrous Y. M., 2007), à savoir que les valeurs initiale des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) trouvées par (Mahrous Y. M., 2007) sont supérieures aux seuils de toxicité. Cela indique que les sites de fixation deviennent saturés et rendent ces métaux plus mobiles.

Chapitre « 3 »

Etude statistique

1– Relation entre les matières organiques et les caractéristiques physico-chimiques du sol

2.1 – Relation entre la profondeur, l'EFV et les caractéristiques physico-chimiques du sol

2.1.1 – Site 01

Pour la profondeur: A partir des résultats qui figurent dans le tableau 1 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre la profondeur et la CE d'une part et le Ca^{++} solubles d'autre part avec des coefficients de corrélations classées respectivement: $R= 0.616$ et $R = 0.635$; c'est-à-dire l'augmentation des teneurs des sels augmentent au fur et à mesure que la profondeur augmente. Donc il y a toujours un lessivage ou un mouvement descendant des sels. Par contre une corrélation négative entre K^+ et la profondeur avec un coefficient de corrélation $R = -0.615$. Donc la mobilité de K^+ n'est pas influencée par la profondeur.

Pour l'EFV: A partir des résultats qui figurent dans le tableau 1 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre l'EFV et la matière organique (MO) d'une part et le Zn^{++} du sol d'autre part avec des coefficients de corrélations classées respectivement: $R= 0.639$ et $R =0.561$, c'est-à-dire l'augmentation des teneurs de la MO et le Zn^{++} sont liés avec l'augmentation des doses d'EFV. Par contre une corrélation négative entre SO_4^- et l'EFV avec un coefficient de corrélation $R = -0.527$. Donc l'augmentation des doses d'EFV n'influe pas sur l'accumulation de SO_4^- .

Pour la CE: D'après les résultats du tableau 1 (annexe 4) on remarque que la CE est influencée positivement par les ions suivantes: Mg^{++} soluble et HCO_3^- avec des coefficients de corrélation respectivement: $R = 0.585$ et $R = 0.522$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs des sels augmentent avec l'augmentation de Mg^{++} et HCO_3^- .

Pour la MO: D'après la consultation des résultats du tableau 1 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre la MO, le K^+ soluble, Ca^{++} et le Cl^- . Cette relation est significative d'un côté pour: le K^+ et le Cl^- . Qui correspond à des coefficients de corrélations classées respectivement: $R = 0.875$ et $R = 0.773$. C'est-à-

dire l'augmentation des teneurs de K^+ et le Cl^- sont liés avec l'augmentation de la MO. Et non significative d'autre part pour le Ca^{++} avec un coefficient de corrélation $R = -0.653$. Donc l'augmentation de la MO n'influe pas sur l'accumulation de Ca^{++} .

Pour le $CaCO_3$: Les résultats qui se figurent dans le tableau 1 (annexe 4), montrent qu'il y a une relation remarquable entre le $CaCO_3$ et les ions suivants : Cl^- et $SO_4^{=}$ avec des coefficients de corrélations classées successivement : $R= 0.684$ et $R= 0.525$. Donc l'augmentation de taux de $CaCO_3$ est causée par les ions prés cités.

Pour le K^+ soluble : D'après la consultation des résultats du tableau 1 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre le K^+ , le Ca^{++} et le Cl^- . Cette relation est significative d'un côté avec le Cl^- avec un coefficient de corrélation $R= 0.570$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs de K^+ sont liés avec l'augmentation des teneurs de Cl^- . Et non significative d'autre part avec le Ca^{++} avec un coefficient de corrélation $R = -0.856$. Donc l'augmentation des teneurs de Ca^{++} n'influe pas sur l'accumulation de K^+ .

Pour le HCO_3^- : D'après la consultation des résultats du tableau 1 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre le HCO_3^- , le Cl^- et le Cu^{++} . Cette relation est significative d'un côté avec le Cl^- , où l'augmentation de HCO_3^- est lié avec l'augmentation de Cl^- avec un coefficient de corrélation $R= 0.510$. Et non significative d'autre coté avec le Cu^{++} C'est-à-dire l'augmentation des teneurs de Cu^{++} n'influe pas sur l'augmentation des teneurs de HCO_3^- avec un coefficient de corrélation $R = -0.839$.

Pour le $SO_4^{=}$: D'après les résultats du tableau 1 (annexe 4) on remarque que le $SO_4^{=}$ est influencée négativement par le Zn^{++} où l'augmentation des valeurs du $SO_4^{=}$ augmente avec la diminution de Zn^{++} avec un coefficient de corrélation $R= -0.628$.

2.1.2 – Site 02

Pour la profondeur : D'après les résultats du tableau 3 (annexe 4) on remarque qu'il y a une liaison entre la profondeur et le $SO_4^{=}$. Cette relation c'est une relation positive c'est à dire l'augmentation de teneurs de $SO_4^{=}$ augmente avec la profondeur avec un coefficient de corrélation $R = 0.665$. Cependant la MO est diminué avec la profondeur avec un coefficient de corrélation $R = -0.675$.

Pour l'EFV: D'après la consultation des résultats du tableau 3 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre l'EFV et le pH, la CE, le Na⁺, le K⁺ et le Cl⁻. Cette relation est significative d'un côté pour les sels suivants : la CE, le Na⁺, le K⁺ et le Cl⁻. Qui correspond à des coefficients de corrélations classées respectivement : R = 0.924, R = 0.886, R = 0.948 et R = 0.590 c'est à dire l'augmentation de teneurs des sels est lié avec l'augmentation de l'EFV. Et non significative d'autre part avec le pH c'est à dire l'augmentation des doses de l'EFV n'influe pas sur les teneurs de pH avec un coefficient de corrélation R = -0.627.

Pour le pH : Les résultats qui se figurent dans le tableau 3 (annexe 4), montrent qu'il y a une relation remarquable entre le pH et le Ca⁺⁺. La relation est positive c'est-à-dire l'augmentation de pH est causé par l'augmentation de valeurs de Ca⁺⁺ avec un coefficient de corrélation R= 0.684. En outre le pH peut être influencée négativement par l'augmentation de : la CE, la MO, le Na⁺ et le K⁺ avec des coefficients de corrélations classées respectivement : R = -0.728, R = -0.602, R = -0.726 et R = -0.633.

Pour la CE : D'après la consultation des résultats du tableau 3 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre la CE, la MO, le Na⁺, le K⁺ et le Ca⁺⁺. Cette relation est significative d'un part avec la MO, le Na⁺ et le K⁺. Qui correspond à des coefficients de corrélations classées respectivement : R = 0.558, R = 0.936 et R = 0.964. Donc l'augmentation des sels est liée avec l'augmentation des facteurs précités. Et non significative d'autre part avec le Ca⁺⁺ c'est à dire l'augmentation de teneurs des sels n'est pas influencée par l'augmentation de teneurs de Ca⁺⁺ avec un coefficient de corrélation R = -0.573.

Pour la MO : D'après les résultats du tableau 3 (annexe 4) on remarque que l'augmentation de taux de la MO est influencée positivement par les cations suivantes : Na⁺, K⁺ et Mg⁺⁺, avec des coefficients de corrélation respectivement : R = 0.599, R = 0.571 et R = 0.592.

Pour le CaCO₃ : D'après les résultats du tableau 3 (annexe 4) on remarque que le CaCO₃ est influencée positivement par le Na⁺ où l'augmentation de taux du CaCO₃

augmente avec l'augmentation des valeurs de Na^+ avec un coefficient de corrélation $R=0.607$.

Pour le Na^+ soluble : D'après les résultats du tableau 3 (annexe 4) on remarque que l'augmentation de Na^+ est influencée par l'augmentation des teneurs de K^+ avec un coefficient de corrélation $R=0.951$.

Pour le Mg^{++} soluble : D'après les résultats du tableau 3 (annexe 4) on remarque que le Mg^{++} est influencée négativement par l'augmentation des teneurs de HCO_3^- avec un coefficient de corrélation $R=-0.628$.

2.2 – Relation entre la profondeur, l'EDTA et les caractéristiques physico-chimiques du sol

2.2.1 – Site 01

Pour la profondeur : Les résultats qui se figurent dans le tableau 3 (annexe 4), montrent qu'il y a une relation remarquable entre la CE, la MO, le K^+ , le Ca^{++} , le Mg^{++} , le Zn^{++} et la profondeur. Cette relation est significative d'un côté avec les sels suivants : la CE, le K^+ , le Ca^{++} et le Mg^{++} . Qui correspond à des coefficients de corrélations classées respectivement : $R = 0.659$, $R = 0.781$, $R = 0.686$ et $R = 0.852$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs des sels augmentent au fur et à mesure que la profondeur augmente. Et non significative d'autre part pour la MO et le Zn^{++} avec des coefficients de corrélations classées respectivement : $R = -0.519$ et $R = -0.567$. Donc la MO et le Zn^{++} ne sont pas influencés par la profondeur.

Pour l'EDTA: A partir des résultats qui figurent dans le tableau 2 (annexe 4) on remarque qu'il y a une corrélation négative entre le CaCO_3 , SO_4^- et l'EDTA où l'augmentation de l'EDTA peut diminuer le taux de CaCO_3 et SO_4^- avec des coefficients de corrélations classées successivement : $R = -0.718$ et $R = -0.765$. Par contre une corrélation positive avec le Na^+ où l'augmentation de l'EDTA peut augmenter les teneurs de Na^+ avec un coefficient de corrélation $R=0.866$.

Pour le pH : D'après les résultats du tableau 2 (annexe 4) on remarque que l'augmentation de pH est augmentée avec l'augmentation des teneurs de HCO_3^- avec un coefficient de corrélation $R = 0.733$.

Pour la CE : Les résultats qui se figurent dans le tableau 2 (annexe 4), montrent qu'il y a une relation remarquable entre la CE et les ions suivants : le K^+ , le Ca^{++} , le Mg^{++} et HCO_3^- . La relation est positive c'est-à-dire l'augmentation des teneurs des sels est causée par les ions précités avec des coefficients de corrélations ; classés successivement : $R = 0.545$, $R = 0.564$, $R = 0.627$ et $R = 0.515$.

Pour la MO : D'après la consultation des résultats du tableau 2 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre la MO, le Na^+ , le K^+ , le Ca^{++} , le Mg^{++} et le Cl^- . Cette relation est significative d'un côté pour les ions suivants : le Na^+ et le Cl^- . Qui correspond à des coefficients de corrélations classés respectivement : $R = 0.652$ et $R = 0.613$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs des ions précités sont liées avec l'augmentation des teneurs de la MO. Et non significative d'autre part pour le K^+ , le Ca^{++} et le Mg^{++} avec des coefficients de corrélation respectivement : $R = -0.588$, $R = -0.576$ et $R = -0.620$. Donc l'augmentation des teneurs des cations précités ne sont pas liées avec l'augmentation des teneurs de la MO.

Pour le CaCO_3 : D'après les résultats du tableau 2 (annexe 4) on remarque qu'il y a une liaison entre le CaCO_3 et le SO_4^{--} . Cette relation c'est une relation positive c'est à dire l'augmentation de taux de CaCO_3 augmente avec l'augmentation de SO_4^{--} , avec un coefficient de corrélation $R = 0.608$. Cependant le CaCO_3 est influencé négativement par l'augmentation de Na^+ avec un coefficient de corrélation $R = -0.554$

Pour le Na^+ soluble : D'après les résultats du tableau 2 (annexe 4) on remarque que l'augmentation de Na^+ est influencée négativement par le K^+ et le SO_4^{--} avec des coefficients de corrélation respectivement : $R = -0.503$ et $R = -0.667$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs de Na^+ est liée avec les teneurs des ions précités

Pour le K^+ soluble : D'après les résultats du tableau 2 (annexe 4) on remarque que le K^+ est influencée positivement par l'augmentation des teneurs de Ca^{++} et le Mg^{++} avec des coefficients de corrélation respectivement : $R = 0.614$ et $R = 0.844$.

Pour le Ca^{++} soluble : D'après les résultats du tableau 2 (annexe 4) on remarque que le Ca^{++} est influencée positivement par l'augmentation des teneurs de Mg^{++} avec un coefficient de corrélation $R = 0.553$.

Pour le Mg^{++} soluble : A partir des résultats du tableau 2 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation positive entre le Mg^{++} et le HCO_3^- avec un coefficient de corrélation $R = 0.611$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs de Mg^{++} est liée avec l'augmentation des teneurs de HCO_3^- .

2.2.2 – Site 02

Pour la profondeur : D'après les résultats du tableau 4 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation étroite entre la profondeur et le K^+ avec un coefficient de corrélation $R = 0.920$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs de K^+ augmentent au fur et à mesure que la profondeur augmente.

Pour l'EDTA : A partir des résultats du tableau 4 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation négative entre l'EDTA et les métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}) avec des coefficients de corrélations classés successivement : $R = -0.637$ et $R = -0.607$. Où l'augmentation des doses de l'EDTA provoque la diminution des métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}). Par contre une corrélation positive entre Na^+ , le Cl^- et l'EDTA avec des coefficients de corrélations classés successivement : $R = 0.984$ et $R = 0.649$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs de Na^+ et le Cl^- augmentent avec l'augmentation des doses de l'EDTA.

Pour le pH : D'après les résultats du tableau 4 (annexe 4) on remarque que l'augmentation de pH est influencée négativement par la MO et le Mg^{++} avec des coefficients de corrélation respectivement : $R = -0.585$ et $R = -0.584$.

Pour la CE : D'après les résultats du tableau 4 (annexe 4), la CE est étroitement liée avec le Mg^{++} et le Cl^- avec des coefficients de corrélations classés respectivement : $R = -0.669$ et $R = -0.664$. C'est une corrélation négative. Mais le Ca^{++} a une interaction positive avec la CE avec un coefficient de corrélation $R = 0.659$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs des sels est liée avec le Ca^{++} .

Pour le CaCO_3 : D'après les résultats du tableau 4 (annexe 4) on remarque qu'il y a une liaison entre le CaCO_3 et le K^+ . Cette relation c'est une relation positive c'est à dire l'augmentation de taux de CaCO_3 augmente avec l'augmentation de K^+ , avec un coefficient de corrélation $R = 0.608$. Cependant le CaCO_3 est influencé négativement par l'augmentation de SO_4^- avec un coefficient de corrélation $R = -0.500$

Pour le Na^+ soluble : A partir des résultats du tableau 4 (annexe 4) on remarque qu'il y a une relation négative entre le Na^+ soluble et les métaux lourds (Zn^{++} et Cu^{++}) avec des coefficients de corrélations classées successivement : $R = -0.634$ et $R = -0.587$. Où l'augmentation des teneurs de Na^+ du sol provoque la diminution des teneurs des métaux prés cités. Par contre une corrélation positive entre le Na^+ , le Cl^- et le SO_4^- avec des coefficients de corrélations classées successivement : $R = 0.575$ et $R = 0.613$. C'est-à-dire l'augmentation des teneurs de Na^+ sont liées avec l'augmentation des teneurs de Cl^- et le SO_4^- .

Pour le Ca^{++} soluble : D'après les résultats du tableau 4 (annexe 4) on remarque que l'augmentation de Ca^{++} est influencée négativement par le Mg^{++} , le HCO_3^- et le Cl^- avec des coefficients de corrélation respectivement : $R = -0.528$, $R = -0.592$ et $R = -0.598$.

Pour le Mg^{++} soluble : D'après les résultats du tableau 4 (annexe 4) on remarque que le Mg^{++} est influencée positivement par le Cl^- où l'augmentation de Mg^{++} est liée au teneur de Cl^- avec un coefficient de corrélation $R = 0.955$.



Conclusions générale

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, nous tentons à étudier les effets de quelques matières organiques sur la mobilisation du zinc et du cuivre dans le sol en fonction des paramètres essentiels des sols, de quelques régions de la wilaya de Biskra à utilisation abusive des produits phytosanitaires et les engrais.

Cette région est caractérisée par un climat aride à hiver Tempéré, une période sèche s'étale le long de l'année avec pluviosité faible et irrégulière, températures moyennes élevées et des périodes de sécheresse très prolongées, évapotranspiration intense, une humidité faible et une luminosité importante.

Cette étude qui concept et comporte deux volets à montré que :

- Le premier volet consiste à identifier et quantifier les teneurs initiales du zinc et du cuivre dans le sol en fonction des paramètres essentiels des sols avant traitements par des solutions des matières organiques où les résultats obtenus sont :

 *Pour l'eau:*

D'après la classification américaine des eaux (Saline and Alkali soil : complétée par Durand) les eaux de site 02 est classée au C₅S₁ a une salinité extrême de 5.19 mS /cm et au C₃S₁ a une salinité forte de 1.89 mS /cm pour le site 01 avec un danger d'alcalinisation faible pour les deux sites. La qualité de ces eaux d'irrigation a une influence sur les propriétés chimiques des sols notamment la CE des sols. Ainsi que la présence des teneurs élevées du calcium, du sulfate et du chlore dans l'eau d'irrigation ont une influence sur les teneurs de ces ions dans le sol.

D'après les seuils de toxicité des métaux lourds (Cu⁺⁺ et Zn⁺⁺) cité par (Peterson (1999) in Couture (2004)). Les résultats obtenus pour les deux sites sont lointains aux seuils de toxicité qui sont de 0.2 ppm pour le cuivre et de 2 ppm pour le zinc.

Pour le végétal:

Selon les normes proposés par (Loué, 1993) et (Tremel-Schaub et Feix, 2005), les résultats obtenus pour les teneurs de cuivre et de zinc dans les feuilles et les fruits sont classés avec les niveaux normaux.

Pour le sol

Selon les seuils de toxicité des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) du sol proposés par (Coïc et Coppinet (1989) in Baize (2000)) nos échantillons sont très lointains aux seuils de toxicité pour les deux sites où ces seuils sont de 100 mg/kg pour le Zn^{++} et de 120 mg/kg pour le Cu^{++} . Par contre les normes de (AFNOR U 44 041 in Baise D., 1997) fixée à 300 mg/Kg pour Zn^{++} et à 100 mg/Kg pour Cu^{++} qui sont placés trop haut pour signaler la plupart des anomalies qu'elles soient naturelles ou anthropiques où nos échantillons sont toujours très lointains de seuil de toxicité.

➤ Le second volet consiste de caractériser les changements induits après l'application des solutions des matières organiques où les résultats obtenu sont :

Le lessivage des sels vers les couches profondes dans les sols étudié variées selon le type de la matière utilisée, son niveau d'application et le type de sol qui a été lessivé.

D'après les teneurs de la CE atteint après l'expérience de lixiviation, on peut conclure que le sol de la région de M'ziraa est résisté mieux au lessivage que celle de la région d'El-ghrous.

En comparaison les valeurs moyennes des anions avec les valeurs moyennes des cations atteint après l'expérience de lixiviation, on peut dire que les anions sont moins affectés par le lessivage que les cations dans les deux sites.

Pour les teneurs des métaux lourds atteint après l'expérience de lixiviation pour les échantillons du sol du M'ziraa sont supérieures à celles des échantillons du sol d'El-grous traités de la même façon. Ceci peut être relativement dû aux caractéristiques physico-chimiques du sol tel que : la teneur élevée en argile pour les sols du M'ziraa.

Les matières organiques étudiés ont une influence variable sur les propriétés physico-chimiques des sols.

La matière organique l'EFV à un effet importante dans la contribution de l'accumulation des métaux lourds (Cu^{++} et Zn^{++}) en comparaison avec l'EDTA et celle de traitement de contrôle.

A partir des résultats de matrice de corrélation on peut dire que :

Pour le Zn^{++} : il y a une relation étroite et significatif entre l'EFV et le Zn^{++} du sol avec un coefficient de corrélation $R = 0.561$ d'une part, où l'augmentation des doses de l'EFV contribue dans l'augmentation des teneurs de Zn^{++} . Et non significative d'autre coté entre le $\text{SO}_4^{=}$ et le Zn^{++} avec un coefficient de corrélation $R = -0.628$.

Pour le Cu^{++} : il y a une relation négative entre l'EDTA et le Cu^{++} avec un coefficient de corrélation $R = -0.607$. Où l'augmentation des doses de l'EDTA provoque la diminution de Cu^{++} . Et aussi une relation non significative entre le HCO_3^- et le Cu^{++} avec un coefficient de corrélation $R = -0.839$.

En générale :

Les micro-éléments (Cu^{++} et Zn^{++}) ont été très peu affectés par le lessivage. Cela est indiqué par les teneurs initiales faibles du sol par ces métaux ($< 0,5 \mu\text{g/g}$). Nos résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs (Bugbee et *al.*, 1991; Cabrera et *al.*, 1989 ; Emerich et *al.*, 1982; Giusquiani et *al.*, 1992 in Soumaré et *al.*, 2002).

L'augmentation des concentrations de Cu^{++} et Zn^{++} atteint après l'expérience de lixiviation par rapport aux valeurs initiales est due probablement à :

- ✚ L'augmentation des teneur de la fraction soluble dans l'eau des sols et de la matière organique (Soumaré et *al.*, 2000 a et b in Soumaré et *al.*, 2002) et au processus d'adsorption sur les colloïdes ou une complexation avec la matière organique (Boyle et Fuller, 1987; Kabata-Pendias, 1995 in Soumaré et *al.*, 2002).
- ✚ Contribution de la matière organique par leurs teneurs en ces éléments (les apports répétés). (Han et *al.*, (1999) in Soumaré et *al.*, 2002) ont démontré que des apports répétés de fumiers de volailles ont augmenté les teneurs en cuivre et en zinc.

En fin

On peut dire que la qualité des eaux d'irrigation a une influence sur les propriétés chimiques des sols notamment la CE des sols dans les deux sites.

Les micro-éléments (Cu et Zn) ont été très peu affectés par le lessivage. Cela est indiqué par les teneurs initiales faibles du sol par ces métaux.



Références **bibliographiques**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANAT, 2002

Etude « schéma directeur des ressources en eau » wilaya de Biskra. Phase préliminaire, 100p.

ANAT ,2003

Étude Schéma directeur des ressources en eau de la Wilaya de Biskra. Dossier Agro-Pédologique.

Anfossi S., Billiard E., Bonnet M., Henriot F., Kraemer F., Lechenne L., Le Herissier M., Lorin S., 1997

Les métaux lourds. École nationale supérieure des mines de Saint-Etienne 49p.

Anonyme, 2001

Pollution du sol : danger. INRA – OPIE.

Anonyme, 2002

Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement. Association de Coordination Technique agricole, Paris. 976 p.

Anonyme, 2003

Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 04^{em} éd. FAO, IFA et IMPHOS. Rabat. 77 p.

Anonyme, 2007

Index des produits phytosanitaires à usage agricole. Direction de la protection des végétaux et des contrôles techniques, Ed. 2007. Alger. Pp 8.

Anonyme, 2010

Weather. Climate. Africa. Algeria. Biskra. www.Tutiempo.net/en.

Anonyme, 1980

La carte hydrogéologique de Biskra au 1/200.000. Notice explicative. Ministre de l'hydrologie. 51 p.

Baize D., 1997

Teneurs totale en éléments traces métalliques dans les sols (France). INRA. Paris .406 p.

Baize D., 2000

Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} éd. INRA. Paris .257 p.

Biout F.Z., Besbes M. et Larbes A., 2005

Etude sur modèle mathématique de système aquifère de la région de Biskra. Colloque internationale sur les ressources en eau souterraines du Sahara - CIRESS - Ouargla.

Bliefert C., et Perraud R., 1997

Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. 1^{ère} éd. Espagne. 477p.

Chelouai N., 2010

L'effet toxique des produits phytosanitaires et des engrais sur l'abondance des métaux lourds (Cu, Zn) dans le sol et le végétal (dans la région de Biskra). Thèse Ing. Ins. d'agro. Biskra, 93p.

Clément M., et Françoise P., 1998

Analyse physique des sols : méthodes choisisses. 3 éd. Londre-Paris- New York. 387p.

Clément M., et Françoise P., 2003

Analyse chimique des sols : méthodes choisisses. Éd TEC et DOC Londre-Paris- New York.. 388p.

Coïc Y., et Coppenet M., 1989

Les oligo-éléments en agriculture et élevage. INRA. Paris : 113 p.

Couteux A. et Lejeune V., 2006

Indexe phytosanitaire ACTA 2007. 43 éd. Paris. 832 p.

Couture I., 2004

Analyse d'eau pour fin d'irrigation. AGRI-VISION.

Dajoz R., 1971

Précis d'écologie. Dunod : Paris. 434 p.

Deneux-Mustin S., Roussel-debet S., Mustin C., Henner P., Munier-Lamy C., Colle C., Berthelin J., Garnier-Laplace J., leyval C., 2003

Mobilité et transfert racinaire des éléments en traces : influence des micro-organismes du sol. Lavoisier. Londre-Paris- New York. 281 p.

ENITA. 2000.

Agronomie : des bases aux nouvelles orientations. Ed. Bordeaux : Synthèse agricole. 339 p.

Gérard MIQUEL M., 2001

Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. France. 366 p.

Giroux M., Chassé R., Deschênes L.et Côté D., 2005

Étude sur les teneurs, la distribution et la mobilité du cuivre et du zinc dans un sol fertilisé à long terme avec des lisiers de porcs au Québec. Agrosol. vol. 16, n° 01, Pp 23-32.

Gousskov N., 1964

Notice explicative de la carte géologique de Biskra au 1/200.000. Pubi. Sr. Géo. Algérie. 13p.

Guemaz F., 2006

Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées des trois sites de la ville de Biskra (Chaabet Roba, Oued Biskra et Oued Zemour). Thèse Magister. Inst. d'agro. Annaba.83 p.

Halitim A., 1988

Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U. Alger. 384 p.

Hiouani F., 2007

Influence de la teneur en gypse et de la taille de ses grains sur la capacité de rétention en eau sur les sols de la zone d'Ain Benoui -Biskra. Thèse Ing. Inst. d'agro. Batna, 110p.

Huynh T.M. D., 2009

Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ ver de terre/ microflore tellurique. Thèse de Doctorat. Université de Paris Est. 145p.

I.T.A., 1977

Laboratoire du sol : méthode d'analyses physiques et chimiques du sol et eau. Mostaganem. 106 p.

Lamy I. Jaulin A. et Van-Oort F., 2006

Physicochimie et écotoxicologie des sols d'agrosystèmes contaminés (PESSAC), Centre INRA
www-pessac.versailles.inra.fr/

Le coz C., Tassin B., et Thévenot D., 1996

Transfert des polluants dans les hydrosystèmes : presse de l'école nationale des ponts et chaussées. Paris. 140p.

Loué A., 1993

Oligo-éléments en agriculture. Nathan : SCPA. 210p.

Mahrous Y. M. A., 2007

Mobility of Heavy Metals in Some contaminated Egyptian soils treated with certain organic materials. Thèse de Doctorat. Université d'Assiout, Egypt. 202p.

Mazoyer M., 2002

Larousse agricole. Montréal (Québec). Larousse. 767 p.

Mehaoua M.S, 2006

Etude du niveau d'infestation par la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ, 1868 (Homoptera, Diaspididae) sur trois variétés de palmier dattier dans une palmeraie à Biskra. Thèse Magister. INA. El-Harrach. 173p.

Messadek R., 1998

Évolution spatio temporelle des concentrations en Cu, Zn, Mn, Pb dans l'eau les matières en suspension (matière minérales et les sédement de la séquence canal du lac Fetzara de l'oued Meboudja et de la partie aval de l'oued Syebouse commune d'El-Hadjar (w. Annaba). Thèse Ing. Ins. d'agro. Batna. 33p.

Mijno V., 2007

Modifications de la composition de déchets métallifères, miniers et industriels, stabilisés par liants hydrauliques et soumis à des tests de lixiviation. Thèse de Doctorat. Université de Limoges. 145p.

Nesson C., 1978

L'évolution des ressources hydrauliques dans les OASIS du bas Sahara Algérien .In recherché sur l'Algérie. Ed.C.N.R.S. Paris. Pp 7-99.

Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M., et Mvondo A., 1992.

Manuel de laboratoire de pédologie : Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipement, Gestion de stockes de verrerie et de produits chimiques. Publications agricoles -28 AGCD. Centre universitaire de Dschang. 265 p.

Ramade F., 1982

Eléments d'écologie : écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. Paris: Mc Graw – Hill. 452 p.

Ramade F., 2005

Eléments d'écologie : écologie appliquée. 06^{em} ed. Belgique. 864 p.

Regnault-Roger C., Fabres G. et Philogène B. J.R., 2005

Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Londre-Paris- New York.1013 p

Rouahna H., 2007

Relation entre les nappes et la salinité dans les sols gypseux de la région de Ain ben Naoui. Biskra. Thèse Magister. Inst. d'agro. Batna. 82p.

Sarkar D. et Haldar A., 2005.

Physical and chemical methods in soil analysis: fundamental Concepts of Analytical Chemistry and instrumental techniques. Indian: New Age international. 176 p.

Soumaré M., Tack F. M. G. et Verloo M. G., 2002

Dynamique des éléments nutritifs dans quatre sols agricoles du mali amendés avec le compost. Belgique. Pp 136- 143.

Stengel P. et Gelin S., 1998

Sol interface fragile Ed. INRA- Paris. 213p.

Stewart P., 1969

Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; quelques réflexions. Bull. soc. Hist. Afr. Du Nord, Pp24-25.

Tran T.S., Giroux M., Audesse P. et Guilbault J., 1995

Importance des oligo-éléments en agriculture : symptômes visuels de carence, analyses des végétaux et des sols. Agrosol, Vol. 8 (1). pp12-22.

Tremel-Schaub A., et Felix I., 2005.

Contamination des sols : transferts des sols vers les plantes. Ed. Edp Sciences. 415 p.

Viala A., 1998

Eléments de toxicologie. Ed. Médicales Internationales. Lavoisier-Paris. 521p.

Sites d'internet:

<http://www.aci-algerie.com>

<http://www.bayercropscience.com>

<http://www.codacorp.com>

<http://www.doudah.com>

<http://www.profert-dz.com>



Annexes

ANNEXE 01

Les données climatiques

(Source : Anonyme, 2010 ou (www.Tutiempo.net/en))

Tableau 01 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative (2000 – 2010)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
HR (%)	59	48.6	41.45	37.4	32.7	27.2	25.8	28.3	41.1	47.4	54.2	40.3
		3		5	2	7	1	6	8	5	7	3

Tableau 02 : Température moyennes mensuelles (2000 – 2010)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
TP max	16.9	19.1	23.8	27.5	31.9	38.1	41.2	39.8	34	29.6	21.7	17.2
TP min	6.2	7.8	11.7	15.3	20.5	25	28	27.7	23.1	18.6	11.7	7.9
TP moy	11.55	13.45	17.75	21.4	26.2	31.55	34.6	33.75	28.55	24.1	16.7	12.55

Tableau 03 : Moyenne mensuelle de précipitation (2000 – 2010)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
p (mm)	26.4	6	12.2	11.8	11.4	1.3	0.8	2.4	15.9	12	15	15.8

Tableau 04: Moyenne mensuelle de vitesse de vent (2000 – 2010)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
vent (m/s)	4.18	4.4	5	5.8	5.6	4.3	4	3.7	4.07	3.6	4.1	4.2

Tableau 05: Moyenne mensuelle de vitesse de vent (2000 – 2010)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Evapo (mm)	94	114.4	180	218.2	283.5	334.6	379	353.5	247.6	165.3	115.5	83.4

Tableau 06: Moyenne mensuelle d'insolation (2000 – 2010)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
insola (heures)	232.7	249.1	280.6	290.4	321.2	346	356.1	330.6	266.0	254.9	226.9	220.1
	3	8	4	5	7		8	4	9	1	1	8

ANNEXE 02

Les résultats d'analyses de l'EFV

Tableau (1): Quelques propriétés de l'extrait de La fiente de volaille (EFV) et leur teneur totale en Cu et Zn

matière organique	Cu (ppm)	Zn (ppm)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)
EFV (25g/l)	0.28	0.0225	6.91	1.92	2.1
EFV (50g/l)	0.42	0.0154	6.85	3.73	2.4
EFV (75g/l)	0.65	0.0394	6.86	4.76	2.6

ANNEXE 03

Les normes d'interprétation

1. pH : rapport 1/5

Interprétation	pH
Extrêmement acide	<4.5
Fortement acide	4.5-5.0
Très acide	5.1-5.5
Modérément acide	5.6-6.0
Faiblement acide	6.1-6.5
Neutre	6.6-7.3
Moyennement basique	7.0-8.0
Très basique	8.1-9.0
fortement basique	>9.0

(Source : Sarkar et Haldar, 2005)

2. Calcaire total

CaCO₃ (%)	Interprétation
<1	Non calcaire
1 à 5	Peu calcaire
5 à 25	Modérément calcaire
25 à 50	Fortement calcaire
50 à 80	Très fortement calcaire
>80	Excessivement calcaire

(Source : Baize, 2000)

3. CEC

Appréciation de la CEC	Valeurs de CEC 'en meq/Kg)
Très faible	<60
Faible	60-120
Moyenne	120-200
Elevée	200-300
Très élevée	>300

(Source : ENITA, 2000)

4. Matière organique

Taux de MO (%)	Terre
<1	très pauvre
1 à 2	pauvre
2 à 4	moyenne
>4	riche

(Source : I.T.A ,1977)

5. Métaux lourds (Cu et Zn)

➤ dans le sol

Métaux	Seuil de phytotoxicité (ppm)
Cu EDTA	120 (soit 500Kg/ha)
Zn EDTA	100 (soit 500 Kg/ha)

(Source : Coïc et Coppenet (1989) in Baize (2000))

➤ dans l'eau

Métaux	Valeurs limites (mg/l)
Cu	pas supérieur à 0,2
Zn	pas supérieur à 2,0

(Source : Peterson (1999) in Couture (2004))

➤ dans le végétal

Métaux	Valeurs limites (ppm)
Cu (dans les feuilles)	>20
Zn (dans les feuilles)	>150 (ou bien suivant >400)

(Source : Loué (1993))

Aussi :

	Métaux	Valeurs normale (ppm)
Culture d'aubergine	Cu (dans les fruits)	8
	Zn (dans les fruits)	28
Culture de tomate	Cu (dans les fruits)	9
	Zn (dans les fruits)	24

(Source : Tremel-Schaub et Feix (2005))

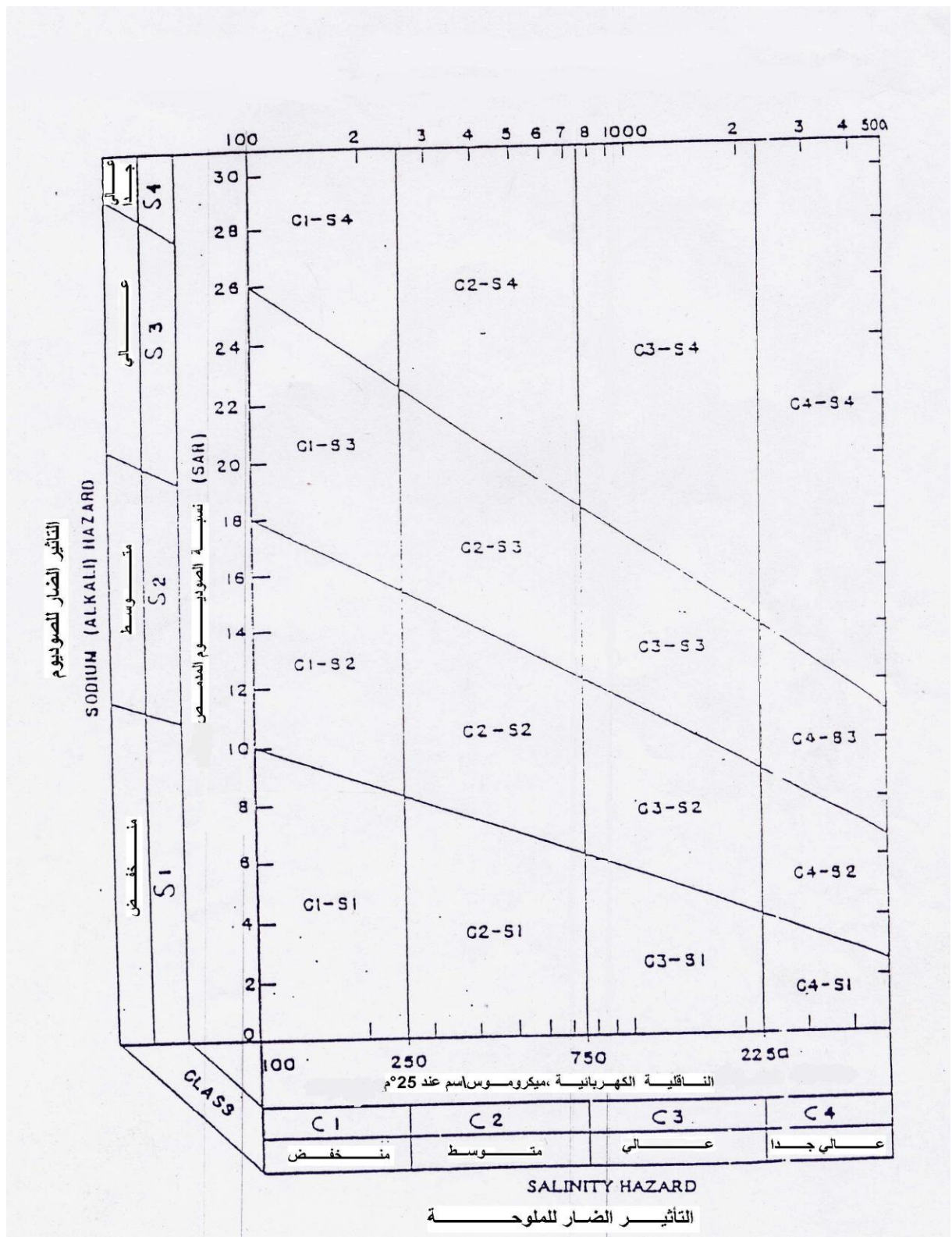


Figure 01 : Classifications américaine des eaux pour 1954

ANNEXE 04
Matrices de corrélations

Tableau 01 : Relation entre l'EFV, la profondeur et les caractéristiques physico-chimiques du sol du site 01

EFV	prof 0.000 1.000	EFV	pH	CE	MO	CaCO3	Na	K	Ca	Mg	CO3	HCO3	Cl	SO4	Zn
pH	0.259 0.417	-0.223 0.485													
CE	0.616 0.033	0.108 0.738	0.421 0.172												
MO	-0.456 0.136	0.639 0.025	-0.393 0.207	-0.282 0.374											
CaCO3	-0.191 0.553	-0.093 0.774	-0.436 0.156	0.035 0.915	0.466 0.127										
Na	0.205 0.523	0.389 0.211	0.201 0.530	0.294 0.353	0.312 0.323	-0.128 0.691									
K	-0.615 0.033	0.427 0.166	-0.216 0.501	-0.420 0.174	0.875 0.000	0.289 0.363	0.337 0.284								
Ca	0.635 0.027	-0.235 0.462	-0.127 0.694	0.474 0.120	-0.653 0.021	-0.063 0.845	-0.285 0.369	-0.856 0.000							
Mg	0.489 0.106	0.404 0.192	0.193 0.548	0.585 0.046	-0.171 0.595	-0.373 0.233	0.416 0.178	-0.354 0.258	0.347 0.269						
CO3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
HCO3	0.000 1.000	0.120 0.711	-0.231 0.470	0.522 0.082	0.197 0.540	0.499 0.099	0.261 0.413	0.095 0.759	0.210 0.513	0.350 0.265	+	+			
Cl	-0.144 0.656	0.454 0.138	-0.164 0.611	0.156 0.628	0.773 0.003	0.684 0.014	0.350 0.265	0.570 0.053	-0.332 0.292	-0.062 0.848	+	0.510 0.090			
SO4	0.353 0.260	-0.527 0.079	0.078 0.810	0.348 0.268	-0.251 0.432	0.525 0.080	-0.202 0.529	-0.285 0.370	0.272 0.392	0.044 0.893	+	0.406 0.190	0.101 0.754		
Zn	-0.270 0.396	0.561 0.058	-0.237 0.459	0.017 0.959	0.365 0.244	0.109 0.736	-0.032 0.921	0.144 0.654	-0.014 0.966	-0.102 0.751	+	0.021 0.947	0.405 0.191	-0.623 0.031	
Cu	0.113 0.726	0.177 0.581	0.079 0.807	-0.288 0.364	0.026 0.937	-0.220 0.491	-0.329 0.297	-0.090 0.780	-0.122 0.706	-0.209 0.515	+	-0.839 0.001	-0.252 0.430	-0.294 0.354	0.178 0.580

Tableau 02 : Relation entre l'EDTA, la profondeur et les caractéristiques physico-chimiques du sol du site 01

EDTA	PROF 0.000 1.000	EDTA	pH	CE	MD	CaCO3	Na	K	Ca	Mg	CO3	HCO3	Cl	SO4	Zn
pH	0.198 0.538	-0.087 0.789													
CE	0.659 0.020	0.166 0.607	0.391 0.208												
MD	-0.519 0.084	0.365 0.243	0.268 0.399	-0.386 0.215											
CaCO3	-0.281 0.376	-0.718 0.009	-0.388 0.212	-0.320 0.311	-0.379 0.225										
Na	-0.273 0.391	0.866 0.000	-0.128 0.692	-0.174 0.589	0.652 0.022	-0.554 0.062									
K	0.781 0.003	-0.211 0.511	0.254 0.426	0.545 0.067	-0.588 0.044	0.081 0.803	-0.503 0.096								
Ca	0.686 0.014	-0.221 0.490	-0.185 0.564	0.564 0.056	-0.576 0.050	0.109 0.736	-0.465 0.128	0.614 0.034							
Mg	0.852 0.000	-0.097 0.765	0.296 0.351	0.627 0.029	-0.620 0.032	-0.078 0.809	-0.327 0.300	0.844 0.001	0.553 0.062						
CO3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
HCO3	0.491 0.105	-0.359 0.252	0.733 0.007	0.515 0.086	-0.095 0.770	-0.123 0.704	-0.387 0.214	0.443 0.149	0.321 0.309	0.611 0.035	*	*			
Cl	-0.079 0.806	0.132 0.682	0.386 0.216	0.084 0.794	0.613 0.034	-0.177 0.583	0.443 0.150	-0.173 0.591	-0.138 0.668	0.005 0.987	*	0.401 0.197			
SO4	0.223 0.486	-0.765 0.004	-0.122 0.706	-0.045 0.889	-0.438 0.155	0.608 0.036	-0.667 0.018	0.239 0.455	0.265 0.406	0.197 0.539	*	0.305 0.334	-0.158 0.625		
Zn	-0.567 0.055	-0.341 0.278	0.182 0.571	-0.309 0.329	0.078 0.809	0.330 0.295	-0.295 0.353	-0.365 0.243	-0.444 0.149	-0.454 0.138	*	-0.100 0.756	-0.315 0.318	-0.027 0.934	
Cu	-0.221 0.491	-0.142 0.660	0.153 0.635	-0.149 0.643	0.120 0.710	-0.052 0.872	-0.201 0.531	0.060 0.853	0.055 0.864	-0.184 0.566	*	-0.130 0.687	-0.106 0.743	-0.425 0.168	0.196 0.541

Tableau 03 : Relation entre l'EFV, la profondeur et les caractéristiques physico-chimiques du sol du site 02

EFV	REF 0.000 1.000	EFV	pH	CE	MD	CaCO3	Na	K	Ca	Mg	CO3	HCO3	Cl	SO4	En
pH	0.388 0.213	-0.627 0.029													
CE	-0.081 0.803	0.924 0.000	-0.728 0.007												
MD	-0.675 0.016	0.426 0.167	-0.602 0.038	0.558 0.059											
CaCO3	-0.049 0.879	0.330 0.295	-0.444 0.148	0.490 0.106	0.462 0.130										
Na	-0.107 0.741	0.886 0.000	-0.726 0.007	0.936 0.000	0.599 0.039	0.607 0.036									
K	-0.057 0.860	0.948 0.000	-0.633 0.027	0.964 0.000	0.571 0.052	0.487 0.108	0.951 0.000								
Ca	0.390 0.210	-0.493 0.103	0.684 0.014	-0.573 0.051	-0.443 0.149	-0.229 0.474	-0.398 0.200	-0.421 0.173							
Mg	-0.308 0.330	0.275 0.387	-0.289 0.362	0.366 0.242	0.592 0.043	0.262 0.410	0.393 0.206	0.459 0.133	0.135 0.676						
CO3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
HCO3	0.204 0.525	-0.447 0.145	0.282 0.374	-0.463 0.130	-0.370 0.237	0.164 0.612	-0.310 0.327	-0.499 0.099	0.207 0.519	-0.628 0.029	*	*			
Cl	0.066 0.837	0.590 0.043	-0.174 0.589	0.403 0.194	0.273 0.391	-0.015 0.964	0.311 0.325	0.422 0.172	-0.438 0.154	-0.126 0.697	*	-0.199 0.535			
SO4	0.665 0.018	0.383 0.219	-0.077 0.813	0.212 0.508	-0.370 0.237	-0.140 0.664	0.260 0.414	0.249 0.435	0.273 0.390	-0.110 0.734	*	-0.086 0.791	0.300 0.344		
En	0.136 0.673	0.270 0.397	0.039 0.905	0.089 0.784	0.038 0.908	0.296 0.350	0.083 0.798	0.221 0.490	0.070 0.828	0.317 0.315	*	-0.158 0.625	0.368 0.239	0.111 0.731	
Cu	-0.414 0.181	0.168 0.602	0.155 0.629	0.036 0.913	0.081 0.803	-0.152 0.637	0.056 0.863	0.065 0.840	-0.036 0.912	-0.096 0.767	*	0.159 0.622	0.229 0.475	-0.205 0.523	0.063 0.846

Tableau 04 : Relation entre l'EDTA, la profondeur et les caractéristiques physico-chimiques du sol du site 02

	EDTA	EDTA	pH	CE	MD	CaCO3	Na	K	Ca	Mg	CO3	HCO3	Cl	SO4	En
EDTA	0.000 1.000														
pH	0.223 0.486	0.244 0.444													
CE	0.245 0.443	-0.335 0.288	0.419 0.175												
MD	-0.351 0.263	-0.213 0.507	-0.585 0.046	0.043 0.895											
CaCO3	0.401 0.197	-0.178 0.580	-0.022 0.947	-0.008 0.981	0.075 0.817										
Na	-0.026 0.935	0.984 0.000	0.306 0.333	-0.192 0.550	-0.164 0.610	-0.248 0.436									
K	0.920 0.000	-0.092 0.777	0.164 0.611	0.179 0.578	-0.108 0.739	0.608 0.036	-0.126 0.697								
Ca	-0.011 0.972	-0.438 0.155	0.096 0.767	0.659 0.020	0.228 0.477	-0.413 0.182	-0.331 0.293	-0.022 0.947							
Mg	-0.067 0.837	0.491 0.105	-0.584 0.046	-0.669 0.017	0.039 0.904	-0.154 0.632	0.411 0.185	-0.158 0.623	-0.528 0.078						
CO3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
HCO3	-0.319 0.312	-0.175 0.587	-0.436 0.157	-0.487 0.108	0.015 0.964	0.488 0.107	-0.280 0.378	-0.217 0.498	-0.592 0.043	0.266 0.404	*				
Cl	-0.104 0.747	0.649 0.022	-0.366 0.242	-0.664 0.019	-0.094 0.772	-0.175 0.587	0.575 0.050	-0.213 0.505	-0.598 0.040	0.955 0.000	*	0.217 0.497			
SO4	-0.216 0.500	0.499 0.099	0.273 0.390	0.238 0.457	0.156 0.629	-0.500 0.098	0.613 0.034	-0.270 0.396	0.149 0.645	0.039 0.903	*	-0.418 0.176	0.097 0.765		
En	-0.033 0.920	-0.637 0.026	-0.319 0.312	0.111 0.731	0.219 0.494	0.038 0.907	-0.634 0.027	0.092 0.775	0.416 0.179	-0.145 0.653	*	0.244 0.444	-0.317 0.316	-0.058 0.858	
Cu	-0.075 0.817	-0.607 0.036	-0.123 0.703	0.243 0.448	0.035 0.915	0.265 0.404	-0.587 0.045	-0.079 0.807	-0.089 0.784	-0.107 0.741	*	0.302 0.341	-0.121 0.708	-0.417 0.177	0.142 0.659

ANNEXE 05

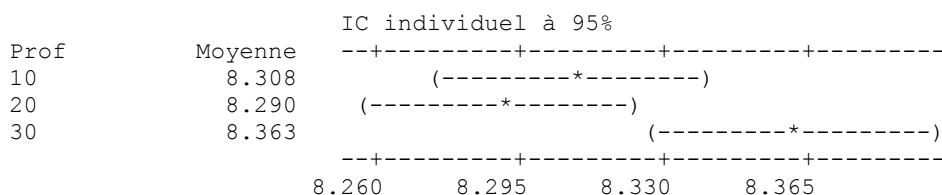
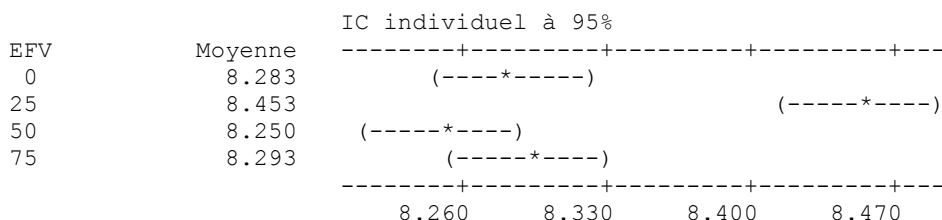
Analyse de variance pour les caractéristiques physico-chimiques du sol

A- Analyse de variance pour les caractéristiques physico-chimiques du sol en fonction de l'EFV et la profondeur

Site 01

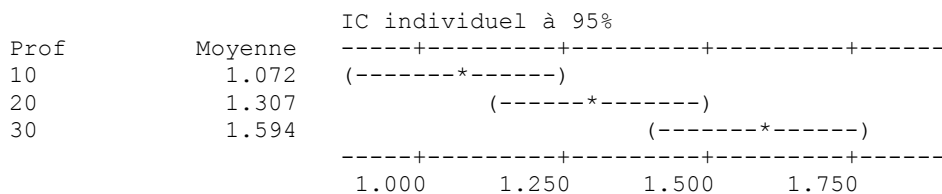
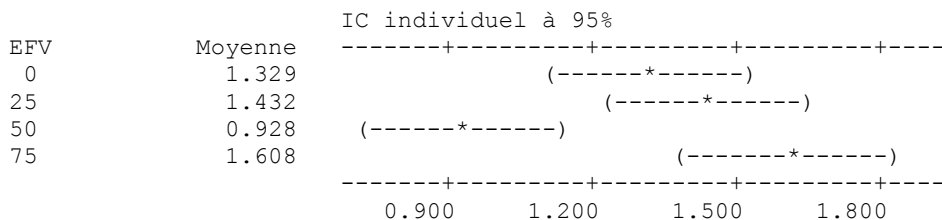
Analyse de variance pour pH

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.074200	0.024733	31.24	0.000
Prof	2	0.011450	0.005725	7.23	0.025
Erreur	6	0.004750	0.000792		
Total	11	0.090400			



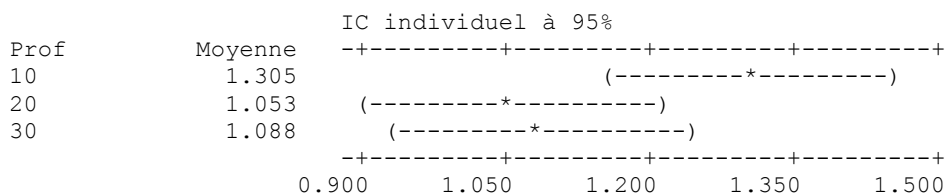
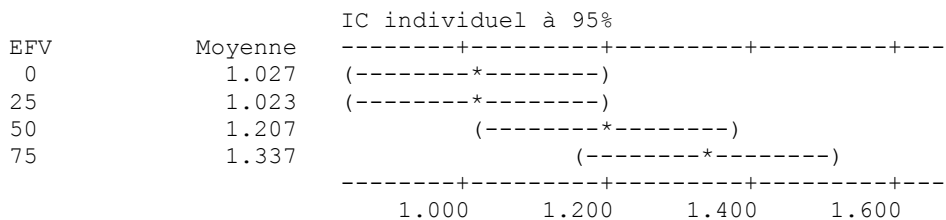
Analyse de variance pour CE

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.7478	0.2493	10.70	0.008
Prof	2	0.5462	0.2731	11.73	0.008
Erreur	6	0.1397	0.0233		
Total	11	1.4338			



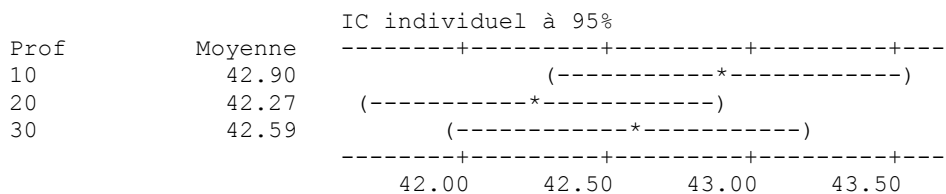
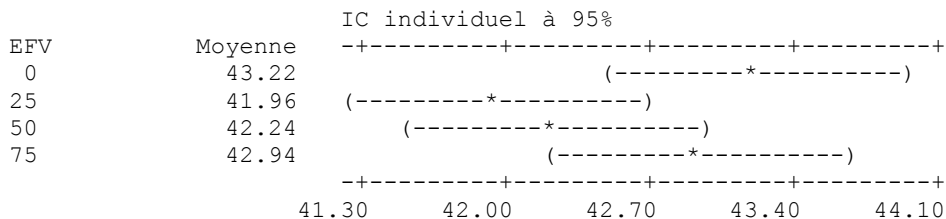
Analyse de variance pour MO

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.2079	0.0693	4.25	0.062
Prof	2	0.1497	0.0749	4.59	0.062
Erreur	6	0.0978	0.0163		
Total	11	0.4554			



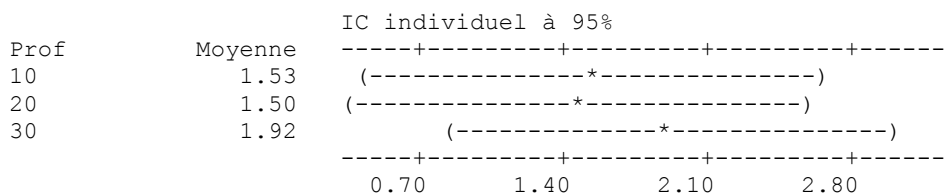
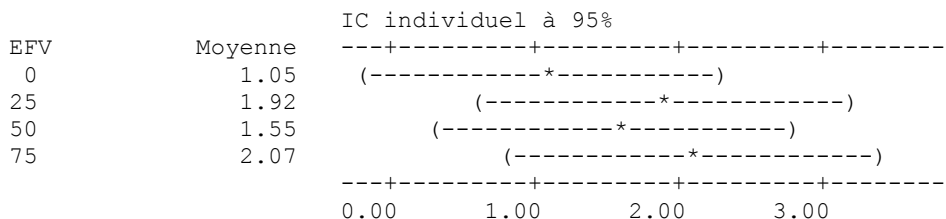
Analyse de variance pour CaCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	3.111	1.037	4.00	0.070
Prof	2	0.793	0.396	1.53	0.291
Erreur	6	1.555	0.259		
Total	11	5.458			



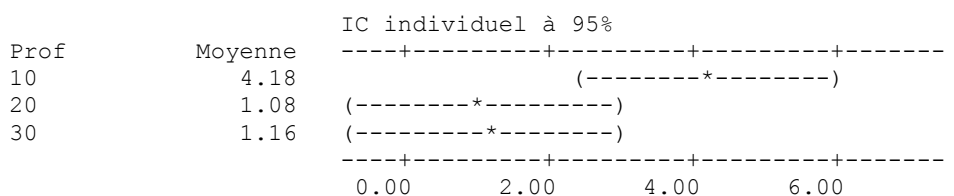
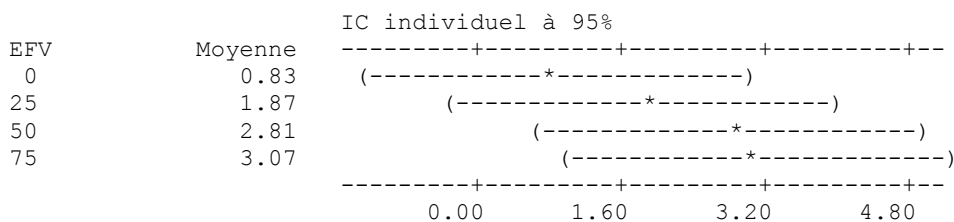
Analyse de variance pour Na

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	1.859	0.620	0.75	0.560
Prof	2	0.445	0.223	0.27	0.772
Erreur	6	4.947	0.825		
Total	11	7.252			



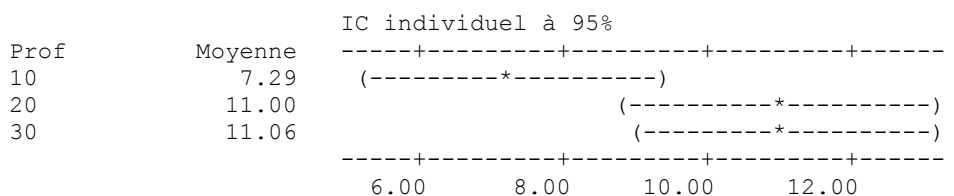
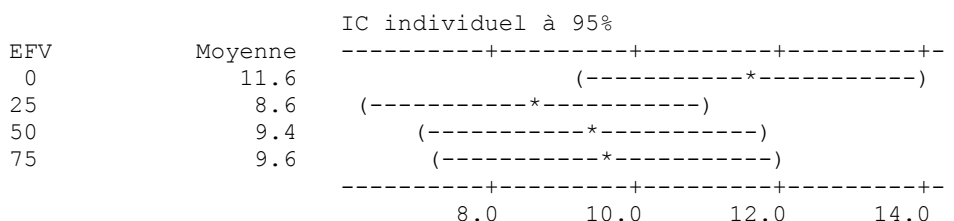
Analyse de variance pour K

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	9.30	3.10	1.34	0.348
Prof	2	25.02	12.51	5.39	0.046
Erreur	6	13.92	2.32		
Total	11	48.24			



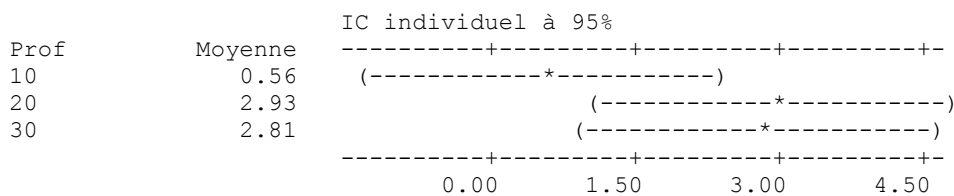
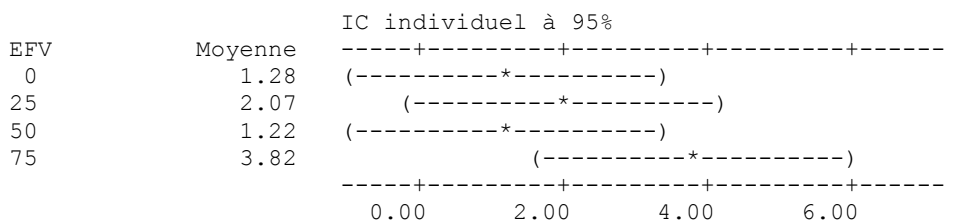
Analyse de variance pour Ca

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	15.05	5.02	1.67	0.271
Prof	2	37.23	18.62	6.20	0.035
Erreur	6	18.02	3.00		
Total	11	70.30			



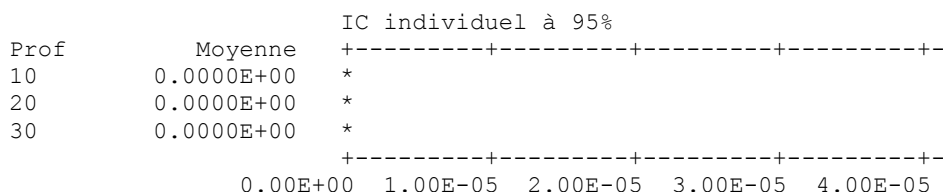
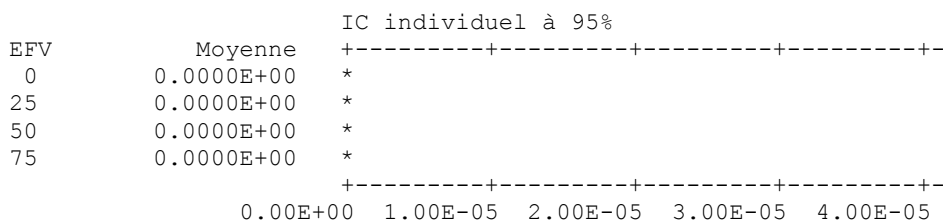
Analyse de variance pour Mg

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	13.27	4.42	1.81	0.245
Prof	2	14.24	7.12	2.92	0.130
Erreur	6	14.65	2.44		
Total	11	42.17			



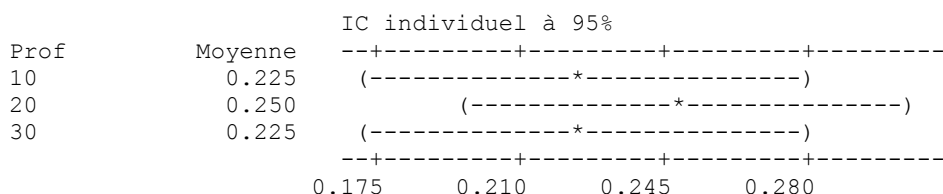
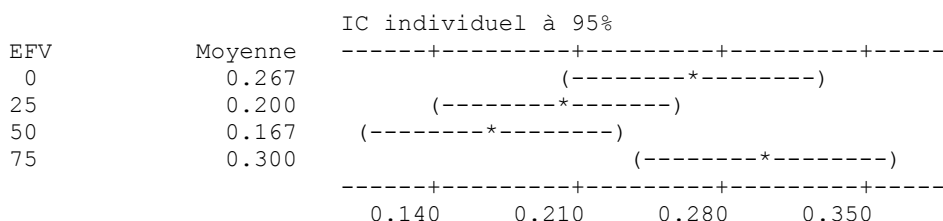
Analyse de variance pour CO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.0000000	0.0000000	*	*
Prof	2	0.0000000	0.0000000	*	*
Erreur	6	0.0000000	0.0000000		
Total	11	0.0000000			



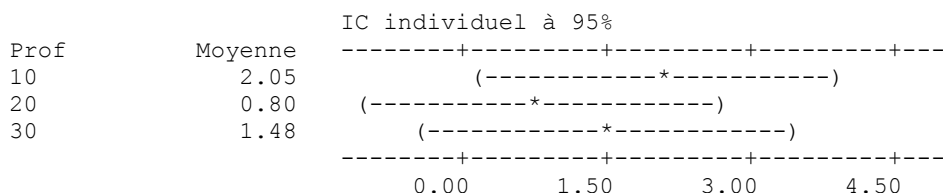
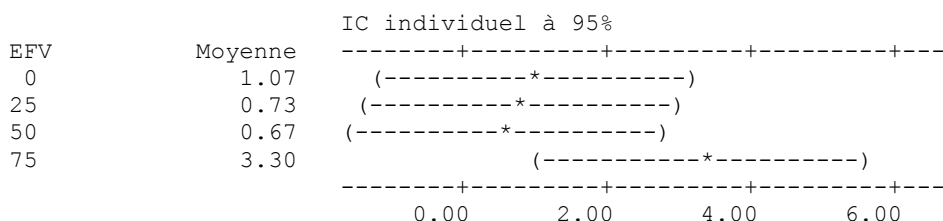
Analyse de variance pour HCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.03333	0.01111	5.71	0.034
Prof	2	0.00167	0.00083	0.43	0.670
Erreur	6	0.01167	0.00194		
Total	11	0.04667			



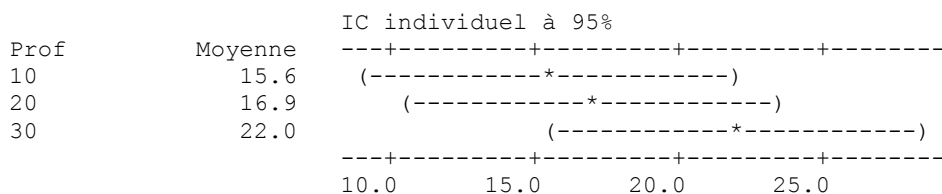
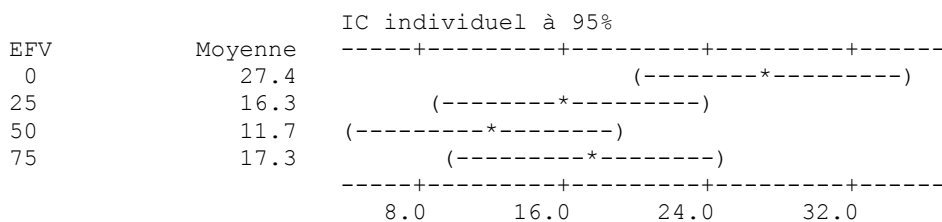
Analyse de variance pour Cl

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	14.09	4.70	1.91	0.230
Prof	2	3.13	1.57	0.64	0.562
Erreur	6	14.79	2.46		
Total	11	32.01			



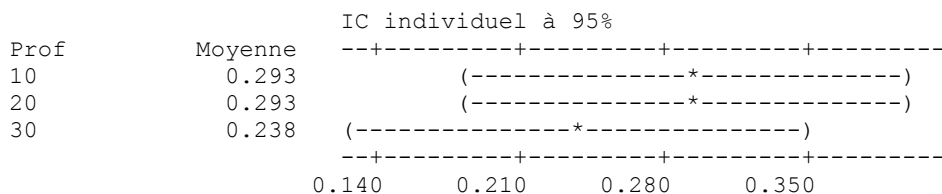
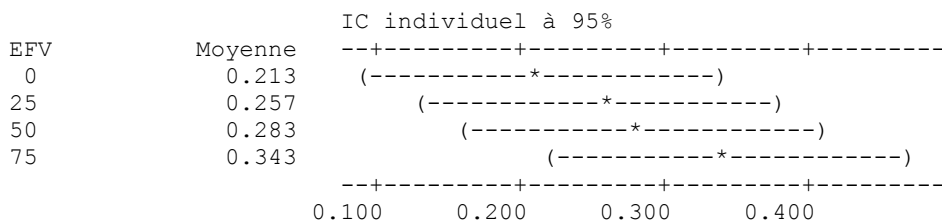
Analyse de variance pour SO4

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	391.8	130.6	4.47	0.057
Prof	2	91.6	45.8	1.57	0.283
Erreur	6	175.3	29.2		
Total	11	658.7			



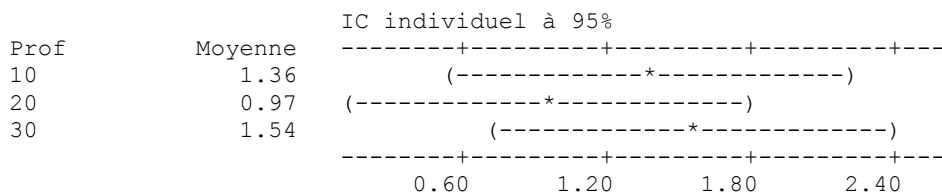
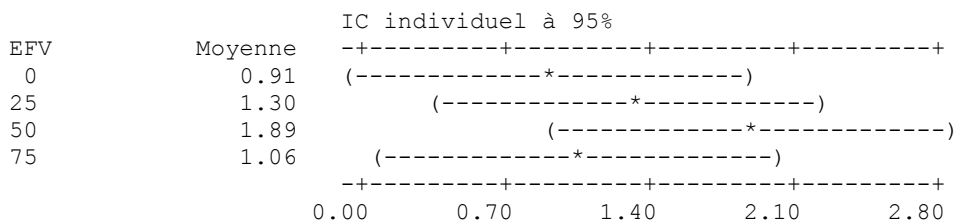
Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.02663	0.00887	1.10	0.418
Prof	2	0.00807	0.00403	0.50	0.629
Erreur	6	0.04820	0.00803		
Total	11	0.08289			



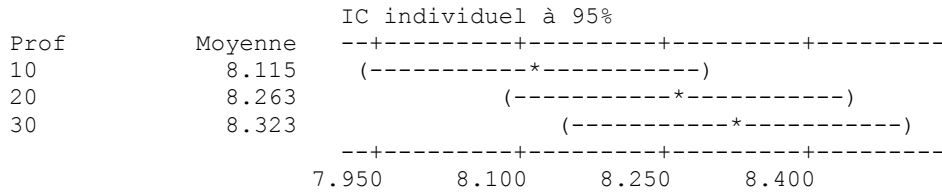
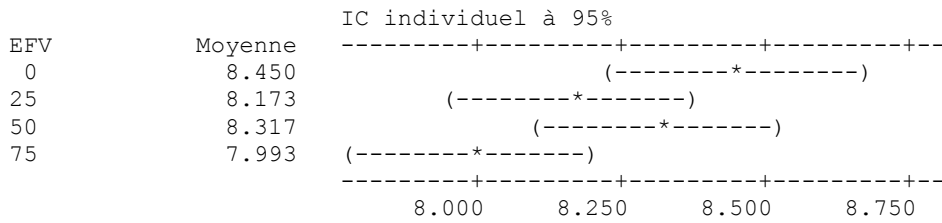
Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	1.672	0.557	1.18	0.393
Prof	2	0.678	0.339	0.72	0.526
Erreur	6	2.837	0.473		
Total	11	5.187			



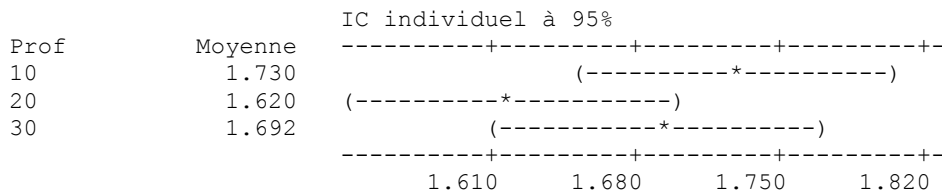
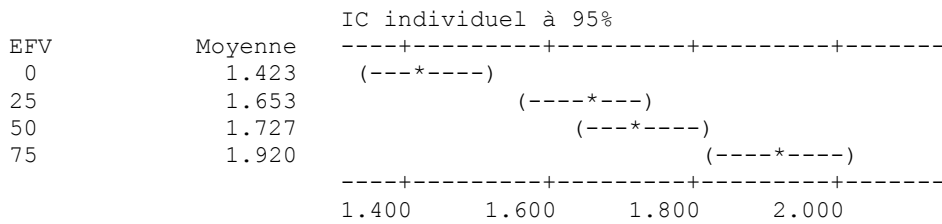
Analyse de variance pour pH

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.3453	0.1151	5.04	0.044
Prof	2	0.0912	0.0456	2.00	0.216
Erreur	6	0.1370	0.0228		
Total	11	0.5735			



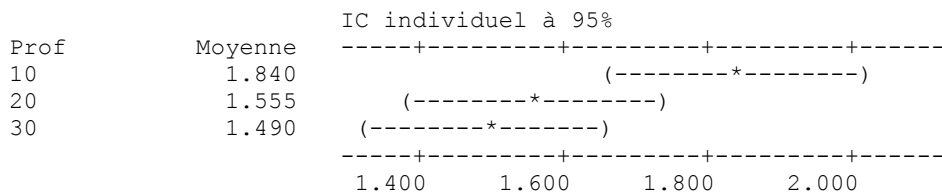
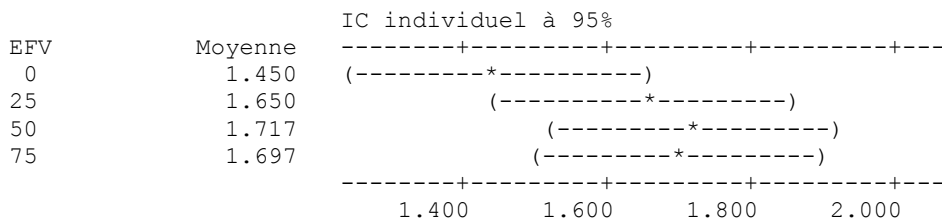
Analyse de variance pour CE

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.37909	0.12636	30.11	0.001
Prof	2	0.02502	0.01251	2.98	0.126
Erreur	6	0.02518	0.00420		
Total	11	0.42929			



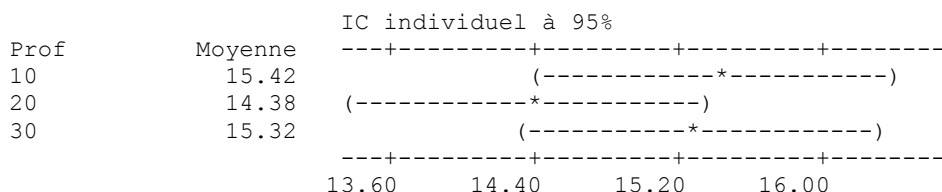
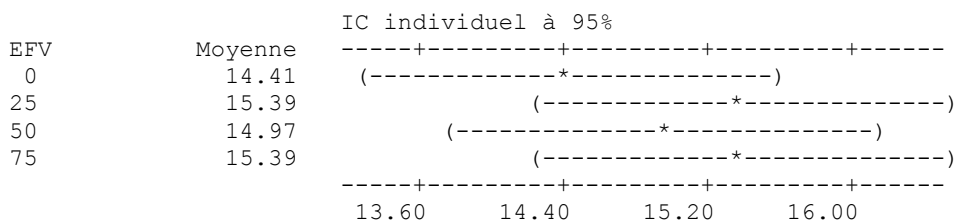
Analyse de variance pour MO

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.1342	0.0447	2.12	0.199
Prof	2	0.2773	0.1386	6.58	0.031
Erreur	6	0.1265	0.0211		
Total	11	0.5380			



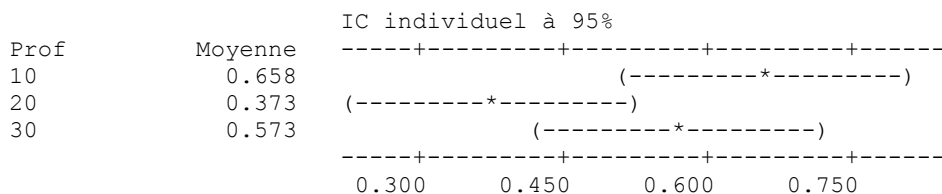
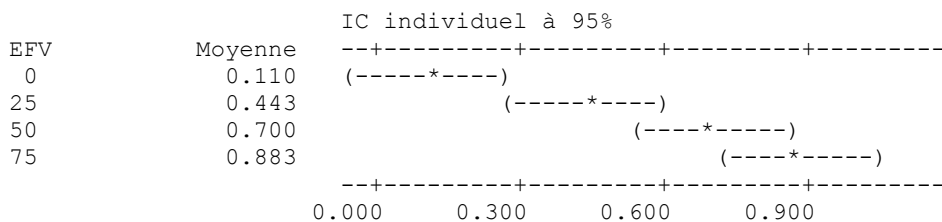
Analyse de variance pour CaCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	1.928	0.643	0.94	0.478
Prof	2	2.654	1.327	1.94	0.224
Erreur	6	4.108	0.685		
Total	11	8.690			



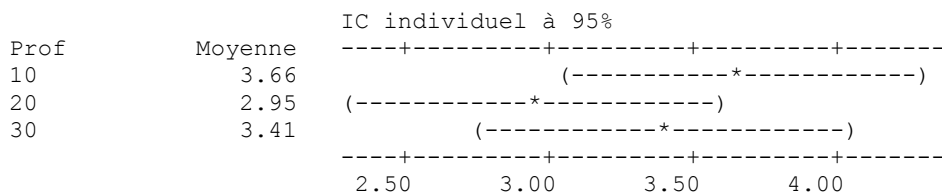
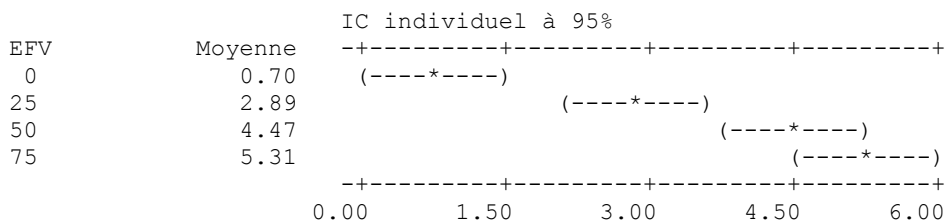
Analyse de variance pour Na

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	1.0128	0.3376	23.92	0.001
Prof	2	0.1713	0.0856	6.07	0.036
Erreur	6	0.0847	0.0141		
Total	11	1.2687			



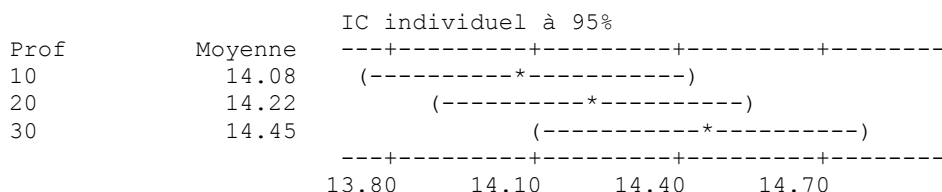
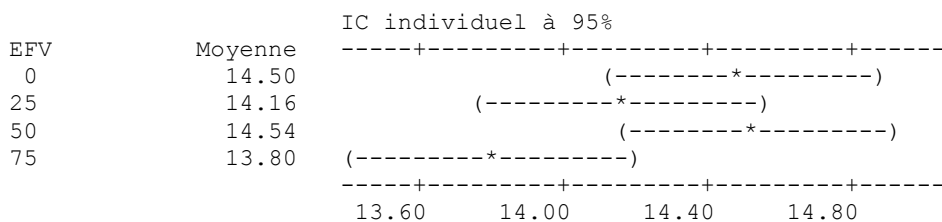
Analyse de variance pour K

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	36.976	12.325	45.16	0.000
Prof	2	1.058	0.529	1.94	0.224
Erreur	6	1.638	0.273		
Total	11	39.672			



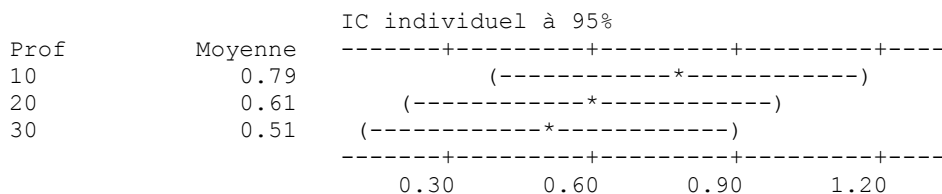
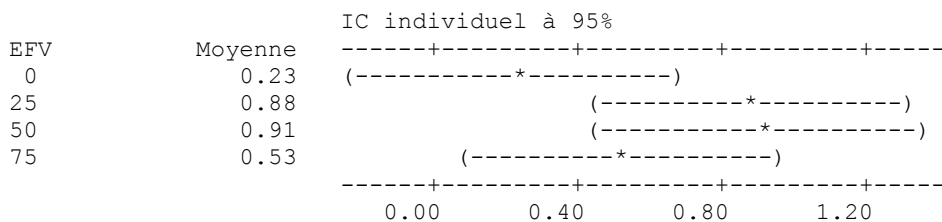
Analyse de variance pour Ca

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV_1	3	1.0501	0.3500	4.49	0.056
prof_2	2	0.2792	0.1396	1.79	0.245
Erreur	6	0.4675	0.0779		
Total	11	1.7968			



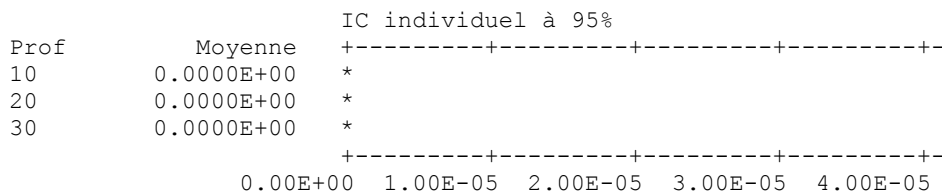
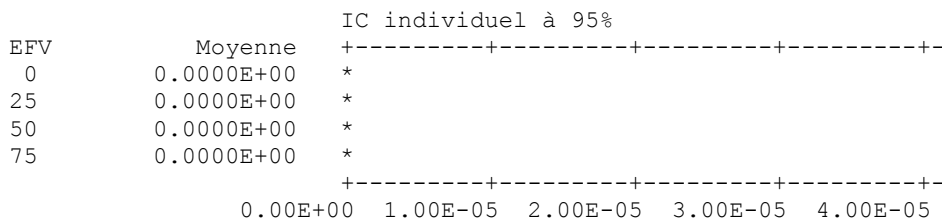
Analyse de variance pour Mg

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.932	0.311	3.03	0.115
Prof	2	0.167	0.083	0.81	0.487
Erreur	6	0.616	0.103		
Total	11	1.714			



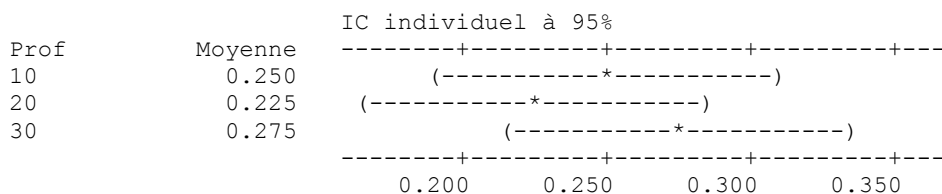
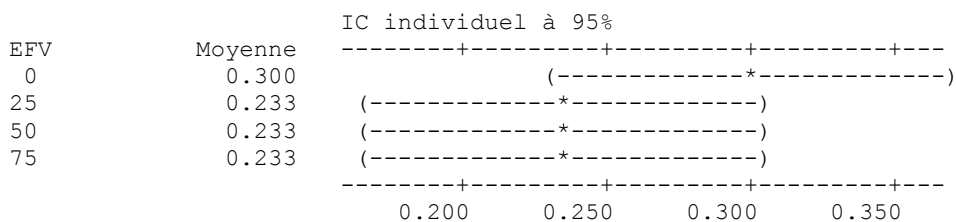
Analyse de variance pour CO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.0000000	0.0000000	*	*
Prof	2	0.0000000	0.0000000	*	*
Erreur	6	0.0000000	0.0000000		
Total	11	0.0000000			



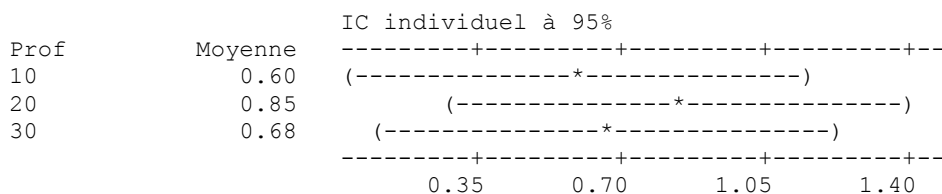
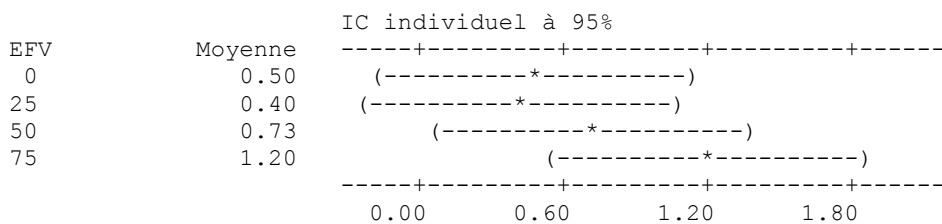
Analyse de variance pour HCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.01000	0.00333	1.33	0.349
Prof	2	0.00500	0.00250	1.00	0.422
Erreur	6	0.01500	0.00250		
Total	11	0.03000			



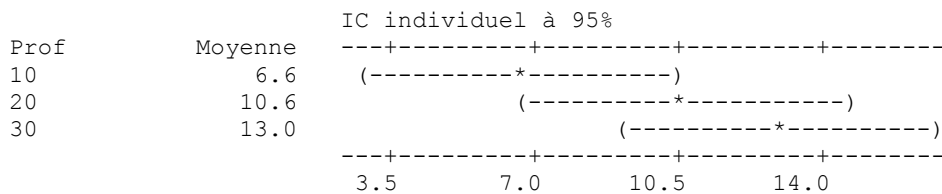
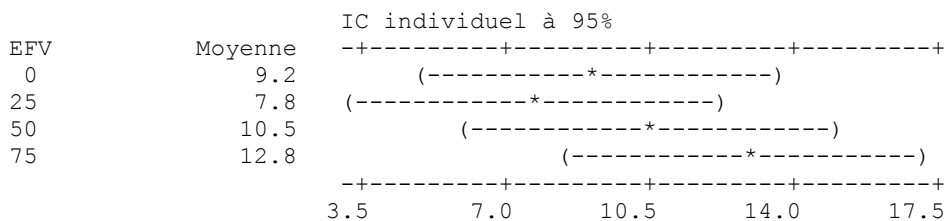
Analyse de variance pour Cl

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	1.142	0.381	1.79	0.249
Prof	2	0.132	0.066	0.31	0.745
Erreur	6	1.275	0.213		
Total	11	2.549			



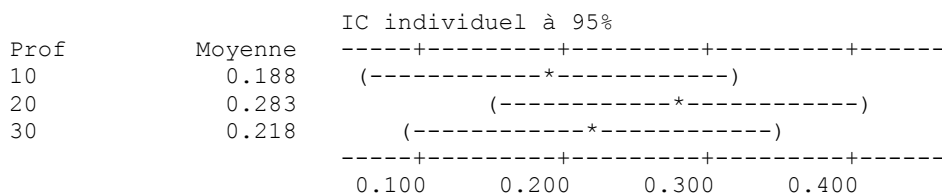
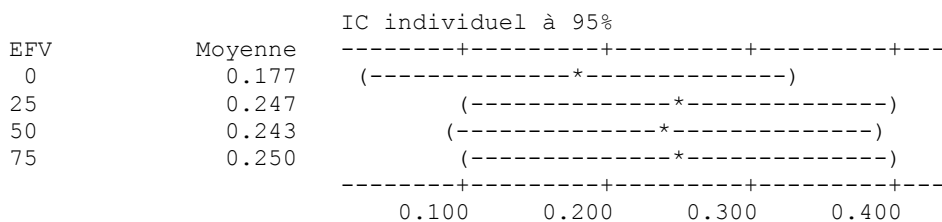
Analyse de variance pour SO4

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	40.9	13.6	1.35	0.345
Prof	2	83.7	41.9	4.14	0.074
Erreur	6	60.7	10.1		
Total	11	185.3			



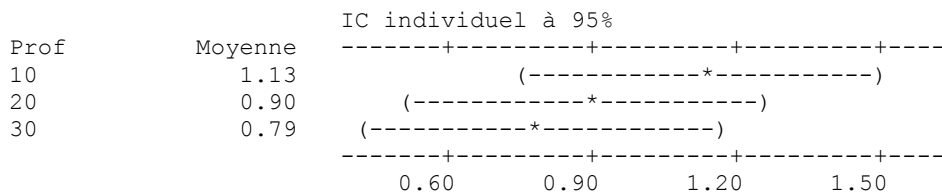
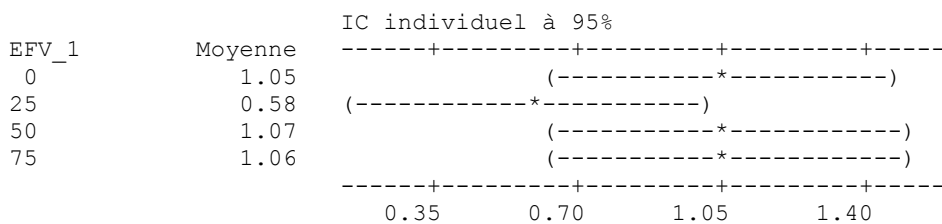
Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.0111	0.0037	0.33	0.803
Prof	2	0.0189	0.0094	0.85	0.475
Erreur	6	0.0669	0.0112		
Total	11	0.0969			



Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
EFV	3	0.5163	0.1721	1.84	0.240
Prof	2	0.2349	0.1174	1.26	0.350
Erreur	6	0.5599	0.0933		
Total	11	1.3111			

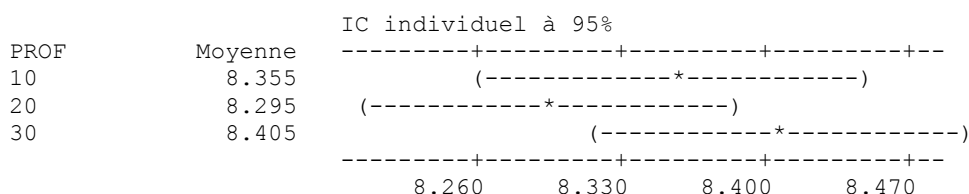
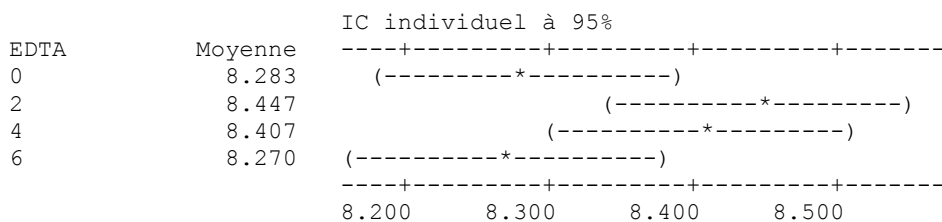


B- Analyse de variance pour les caractéristiques physico-chimiques du sol en fonction de l'EDTA et la profondeur

Site 01

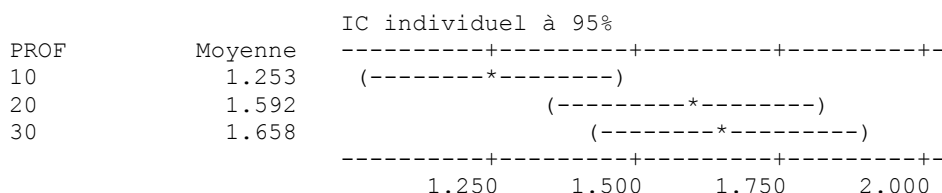
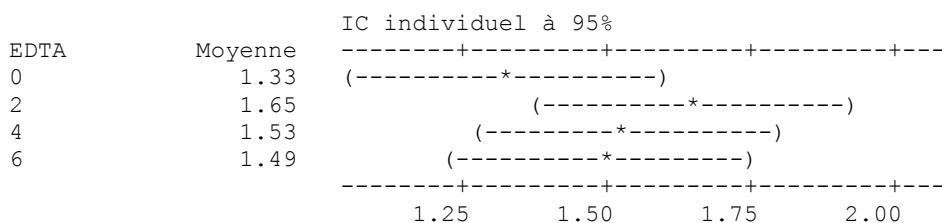
Analyse de variance pour pH

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.07017	0.02339	4.16	0.065
PROF	2	0.02427	0.01213	2.16	0.197
Erreur	6	0.03373	0.00562		
Total	11	0.12817			



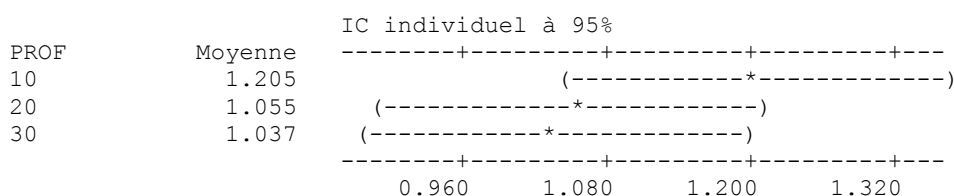
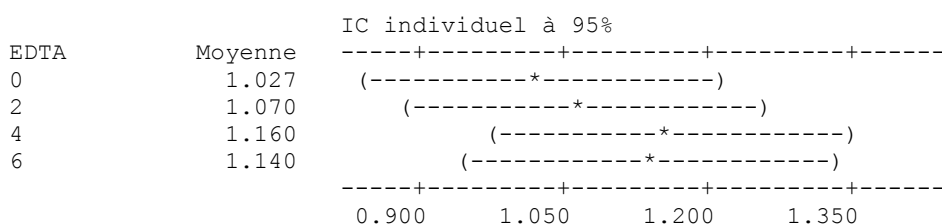
Analyse de variance pour CE

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.1583	0.0528	1.45	0.318
PROF	2	0.3774	0.1887	5.20	0.049
Erreur	6	0.2179	0.0363		
Total	11	0.7536			



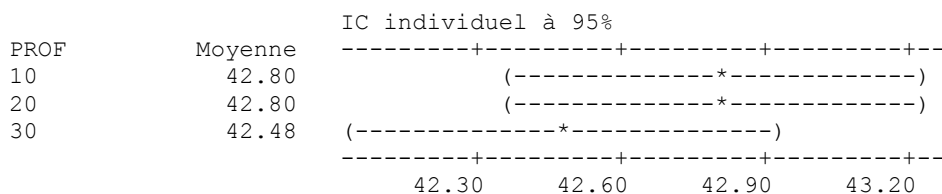
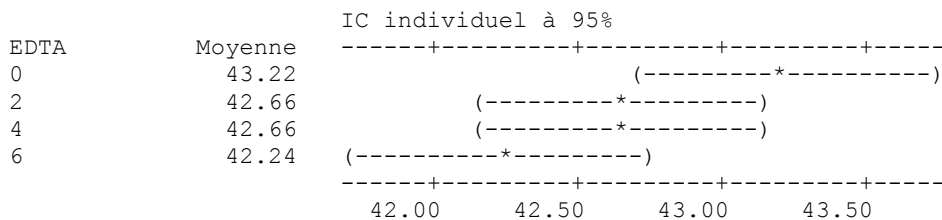
Analyse de variance pour MO

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.0344	0.0115	0.65	0.611
PROF	2	0.0678	0.0339	1.92	0.226
Erreur	6	0.1059	0.0176		
Total	11	0.2081			



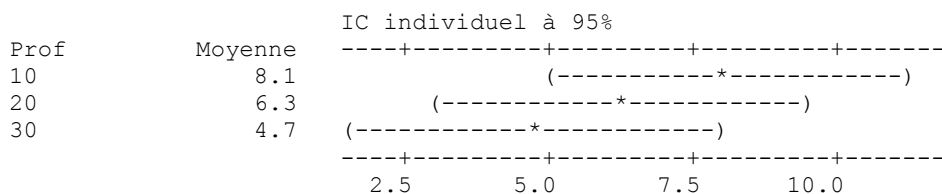
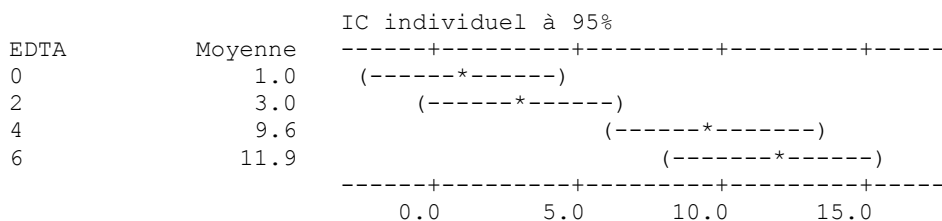
Analyse de variance pour CaCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	1.453	0.484	3.67	0.082
PROF	2	0.264	0.132	1.00	0.422
Erreur	6	0.792	0.132		
Total	11	2.510			



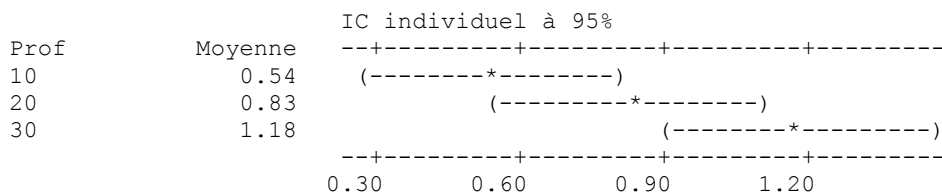
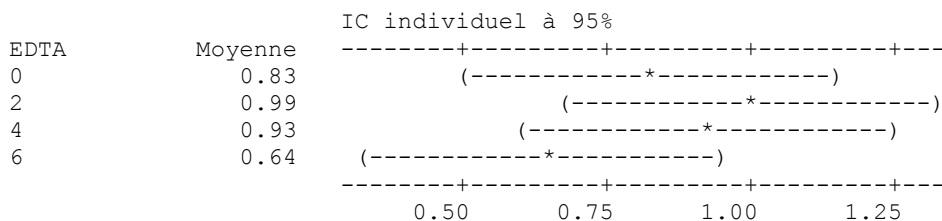
Analyse de variance pour Na

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	240.08	80.03	11.70	0.006
Prof	2	22.65	11.33	1.66	0.268
Erreur	6	41.04	6.84		
Total	11	303.77			



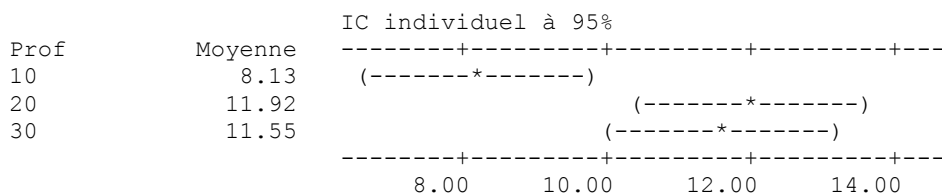
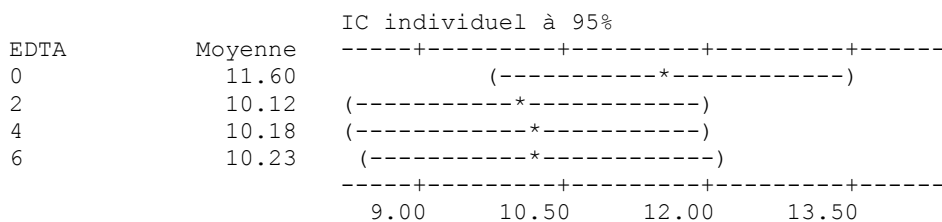
Analyse de variance pour K

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.2143	0.0714	1.37	0.338
Prof	2	0.8271	0.4136	7.94	0.021
Erreur	6	0.3124	0.0521		
Total	11	1.3538			



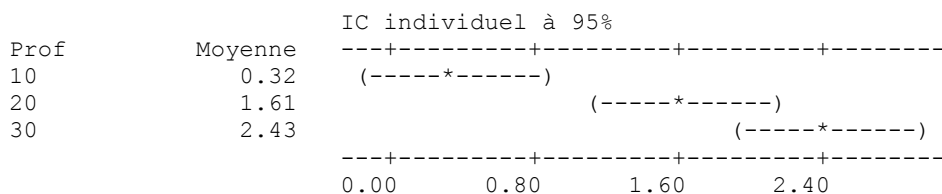
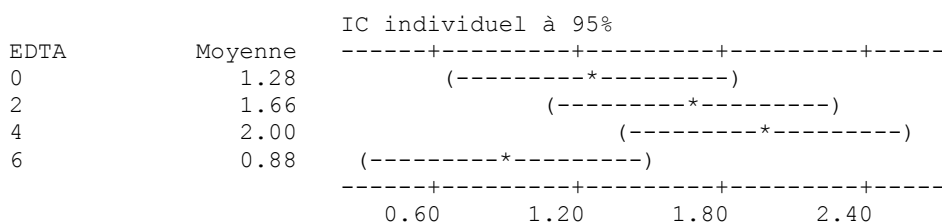
Analyse de variance pour Ca

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	4.56	1.52	0.88	0.500
Prof	2	34.99	17.50	10.17	0.012
Erreur	6	10.32	1.72		
Total	11	49.87			



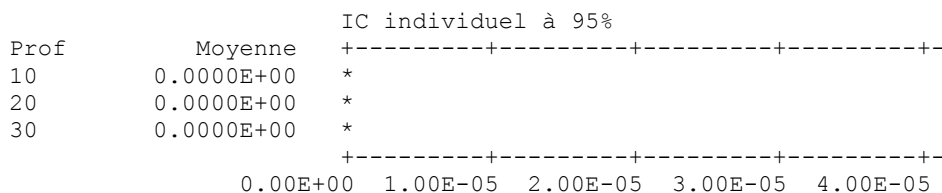
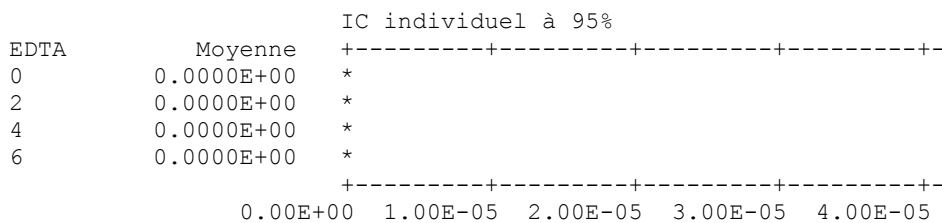
Analyse de variance pour Mg

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	2.112	0.704	3.88	0.074
Prof	2	8.987	4.493	24.77	0.001
Erreur	6	1.089	0.181		
Total	11	12.188			



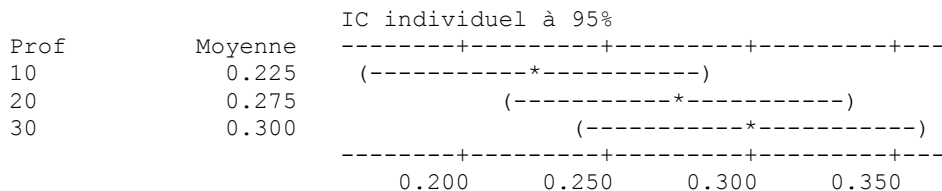
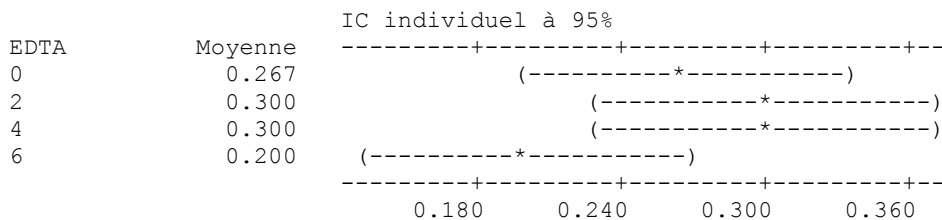
Analyse de variance pour CO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.0000000	0.0000000	*	*
Prof	2	0.0000000	0.0000000	*	*
Erreur	6	0.0000000	0.0000000		
Total	11	0.0000000			



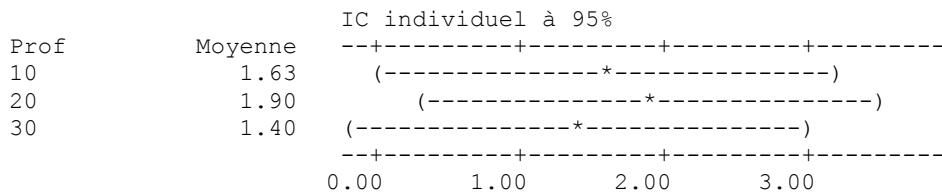
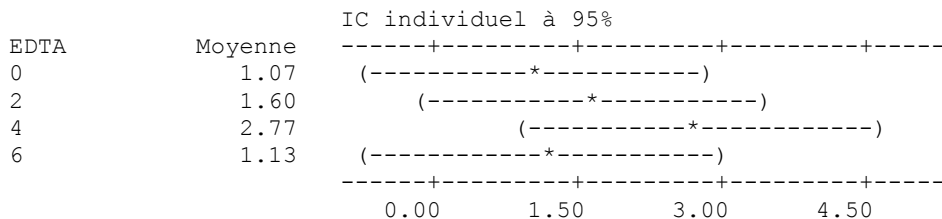
Analyse de variance pour HCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.02000	0.00667	2.67	0.142
Prof	2	0.01167	0.00583	2.33	0.178
Erreur	6	0.01500	0.00250		
Total	11	0.04667			



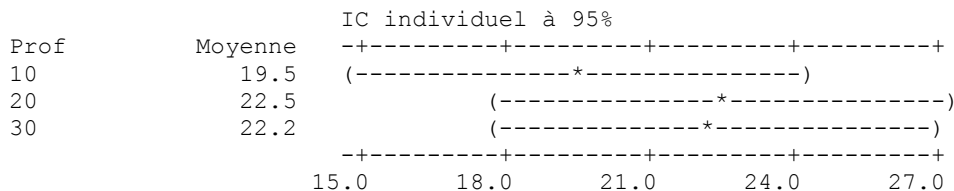
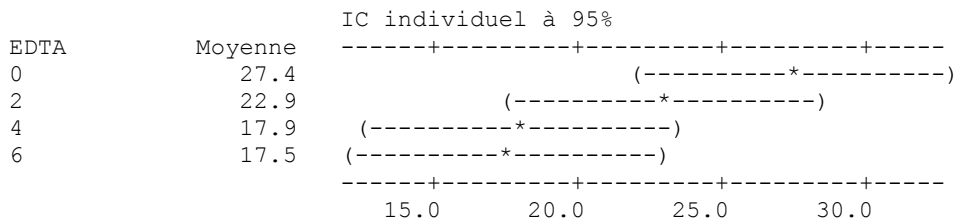
Analyse de variance pour Cl

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	5.57	1.86	1.12	0.414
Prof	2	0.50	0.25	0.15	0.863
Erreur	6	9.98	1.66		
Total	11	16.05			



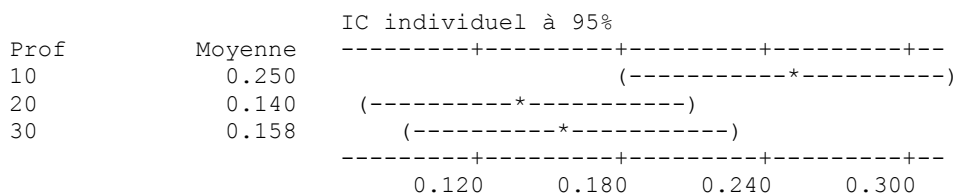
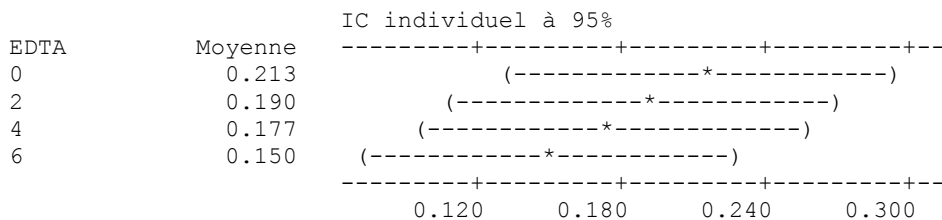
Analyse de variance pour SO4

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	195.7	65.2	4.46	0.057
Prof	2	22.3	11.2	0.76	0.507
Erreur	6	87.8	14.6		
Total	11	305.8			



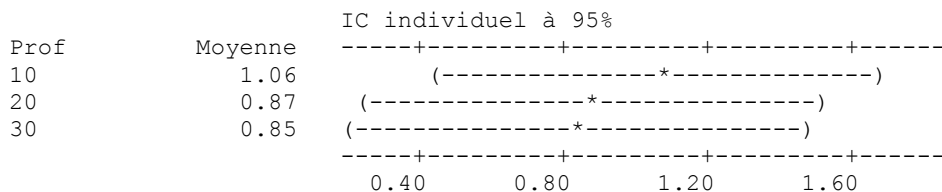
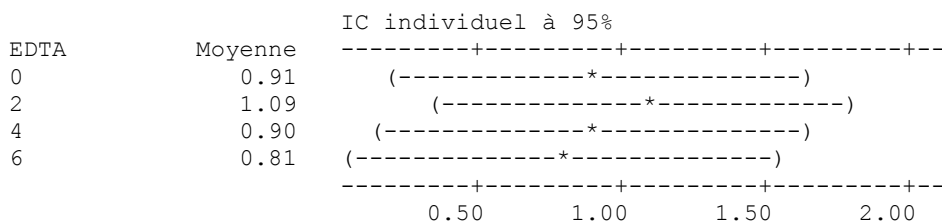
Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.00629	0.00210	0.66	0.605
Prof	2	0.02795	0.01398	4.42	0.066
Erreur	6	0.01898	0.00316		
Total	11	0.05323			



Analyse de variance pour Cu

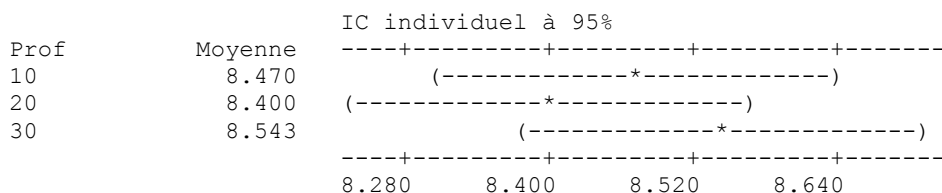
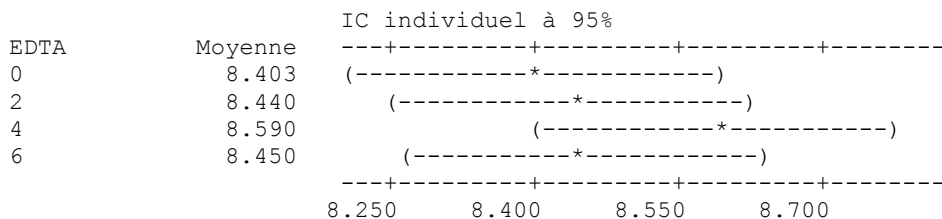
Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.126	0.042	0.16	0.922
Prof	2	0.108	0.054	0.20	0.824
Erreur	6	1.623	0.270		
Total	11	1.857			



Site 02

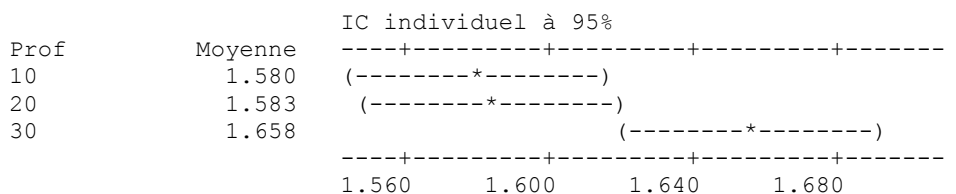
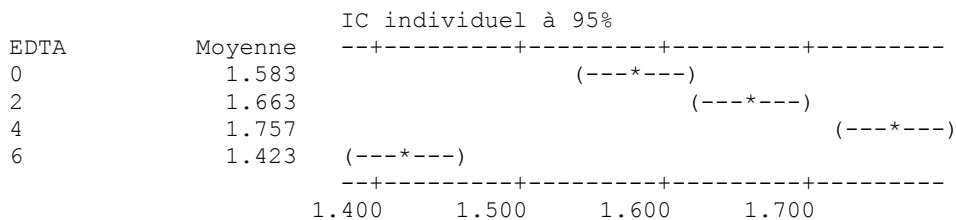
Analyse de variance pour pH

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.0604	0.0201	1.09	0.421
Prof	2	0.0406	0.0203	1.10	0.391
Erreur	6	0.1105	0.0184		
Total	11	0.2115			



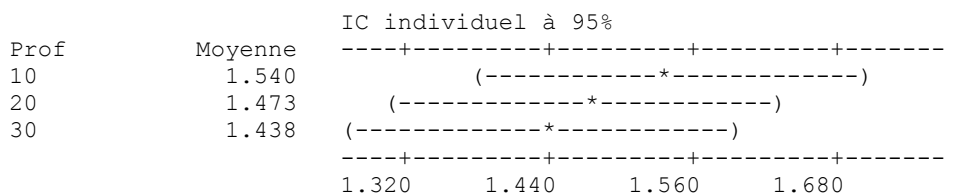
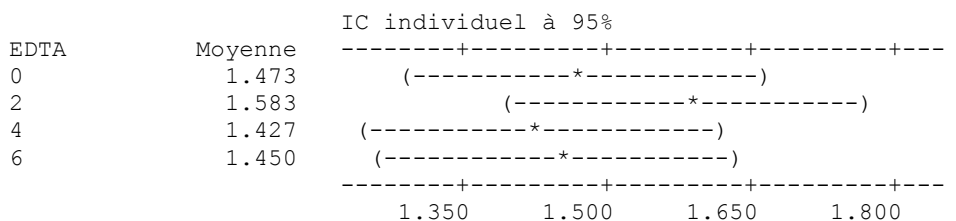
Analyse de variance pour CE

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.179600	0.059867	69.75	0.000
Prof	2	0.015517	0.007758	9.04	0.015
Erreur	6	0.005150	0.000858		
Total	11	0.200267			



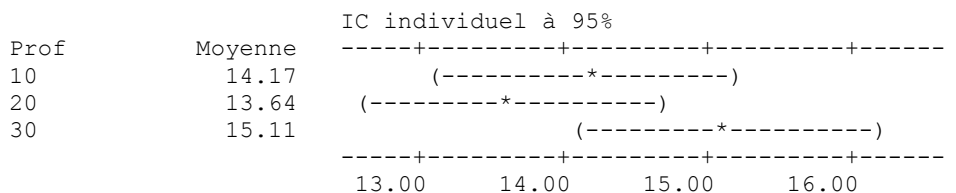
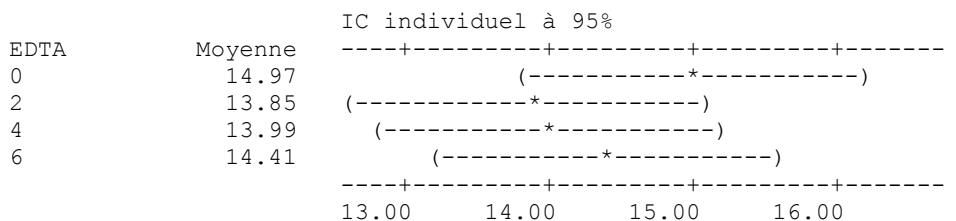
Analyse de variance pour MO

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.0433	0.0144	0.82	0.528
Prof	2	0.0217	0.0109	0.62	0.570
Erreur	6	0.1055	0.0176		
Total	11	0.1705			



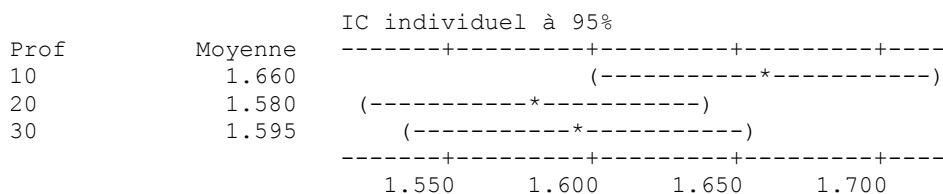
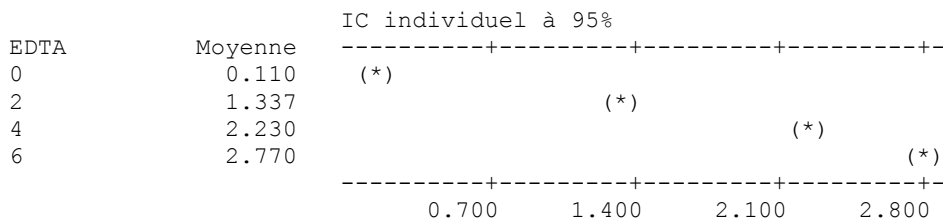
Analyse de variance pour CaCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	2.265	0.755	1.04	0.441
Prof	2	4.423	2.212	3.04	0.123
Erreur	6	4.369	0.728		
Total	11	11.057			



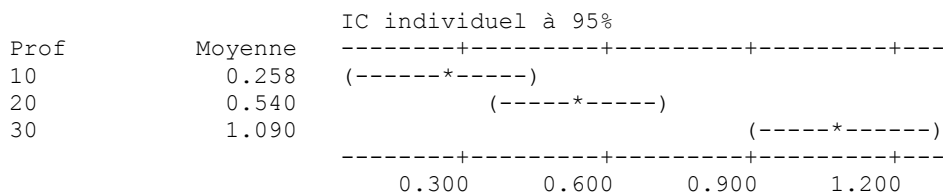
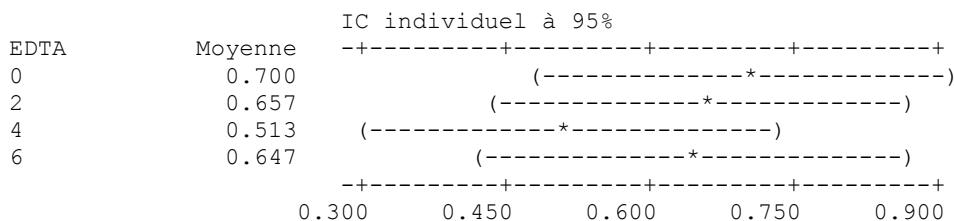
Analyse de variance pour Na

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	12.16410	4.05470	1666.32	0.000
Prof	2	0.01447	0.00723	2.97	0.127
Erreur	6	0.01460	0.00243		
Total	11	12.19317			



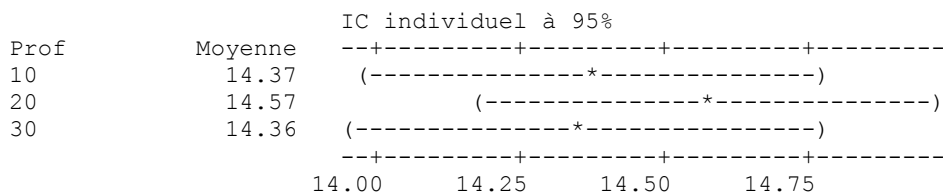
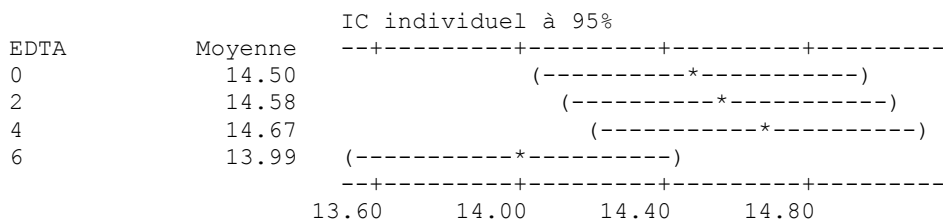
Analyse de variance pour K

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.0585	0.0195	0.80	0.537
Prof	2	1.4338	0.7169	29.43	0.001
Erreur	6	0.1462	0.0244		
Total	11	1.6385			



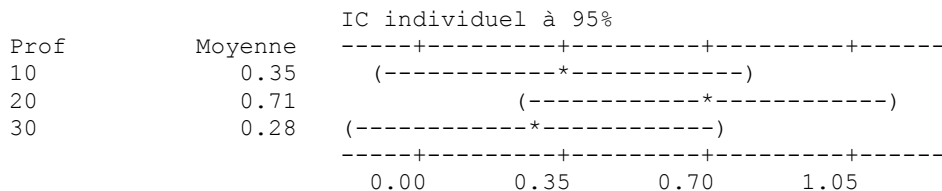
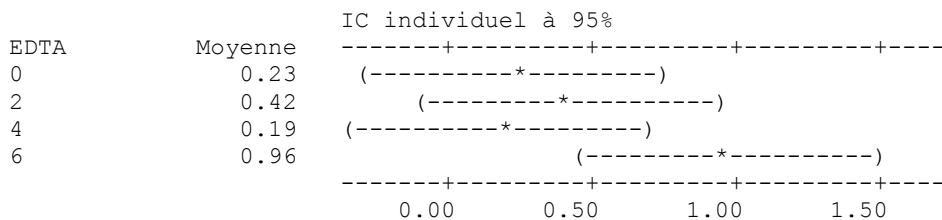
Analyse de variance pour Ca

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.831	0.277	2.55	0.152
Prof	2	0.112	0.056	0.52	0.621
Erreur	6	0.651	0.109		
Total	11	1.595			



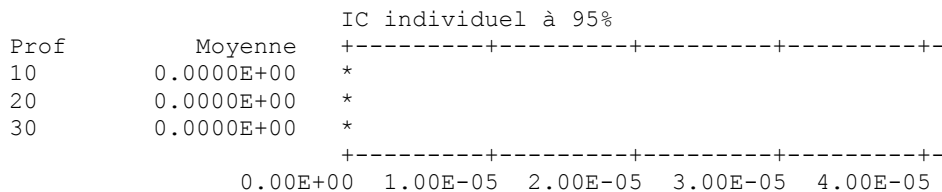
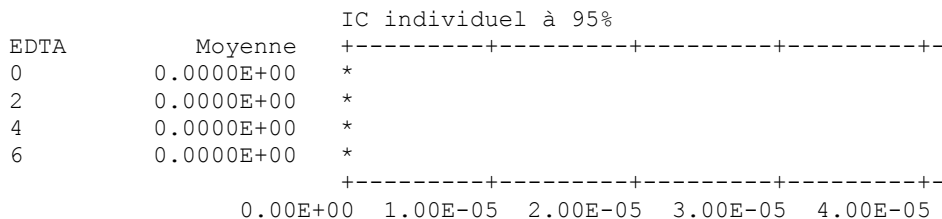
Analyse de variance pour Mg

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	1.130	0.377	2.72	0.137
Prof	2	0.414	0.207	1.49	0.297
Erreur	6	0.830	0.138		
Total	11	2.374			



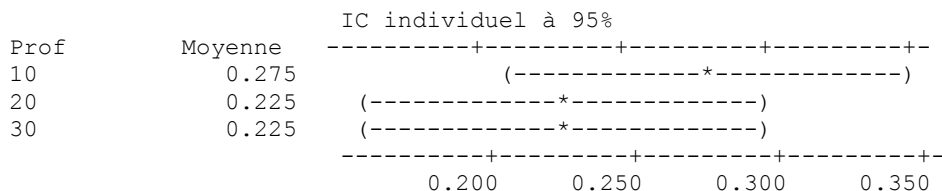
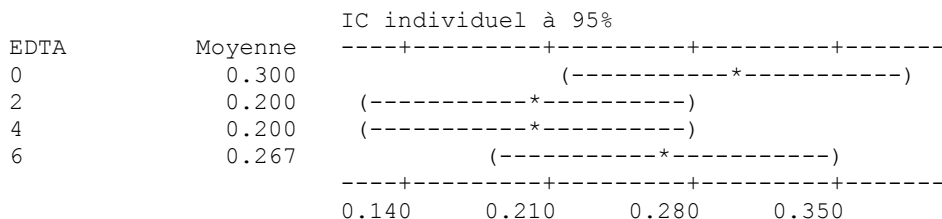
Analyse de variance pour CO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.0000000	0.0000000	*	*
Prof	2	0.0000000	0.0000000	*	*
Erreur	6	0.0000000	0.0000000		
Total	11	0.0000000			



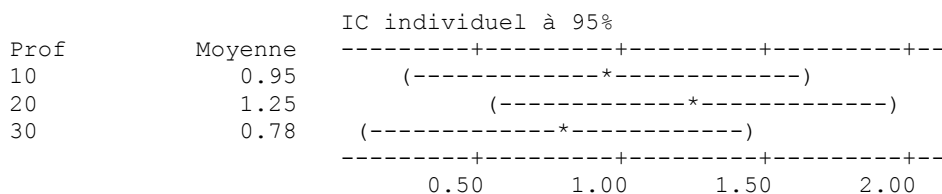
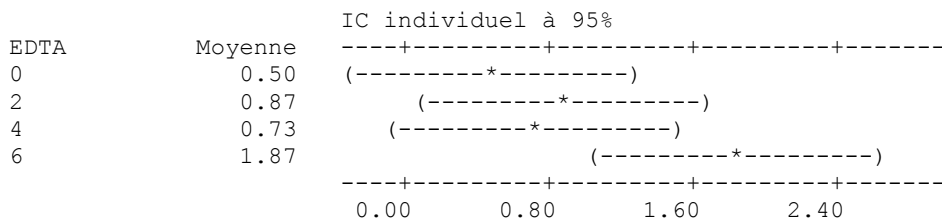
Analyse de variance pour HCO3

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.02250	0.00750	2.25	0.183
Prof	2	0.00667	0.00333	1.00	0.422
Erreur	6	0.02000	0.00333		
Total	11	0.04917			



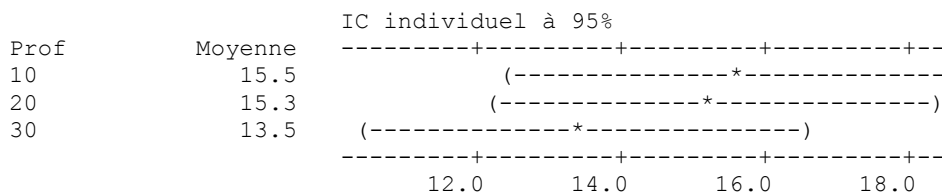
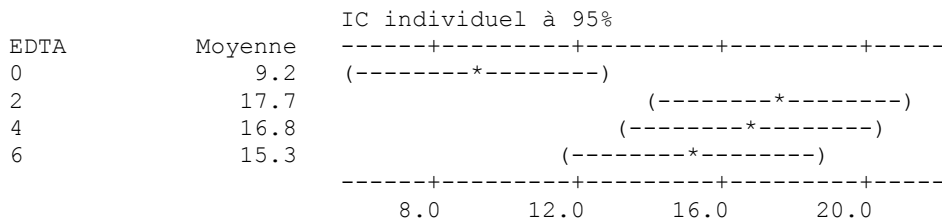
Analyse de variance pour Cl

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	3.269	1.090	3.48	0.090
Prof	2	0.462	0.231	0.74	0.517
Erreur	6	1.878	0.313		
Total	11	5.609			



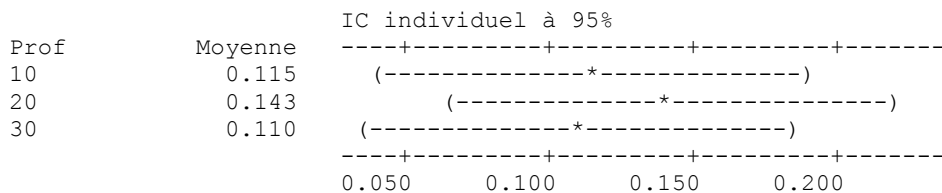
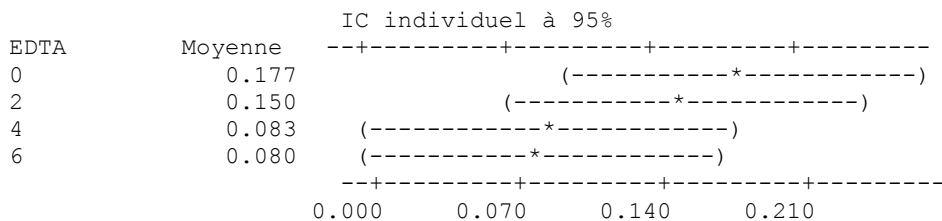
Analyse de variance pour SO4

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	130.24	43.41	6.60	0.025
Prof	2	9.96	4.98	0.76	0.509
Erreur	6	39.46	6.58		
Total	11	179.66			



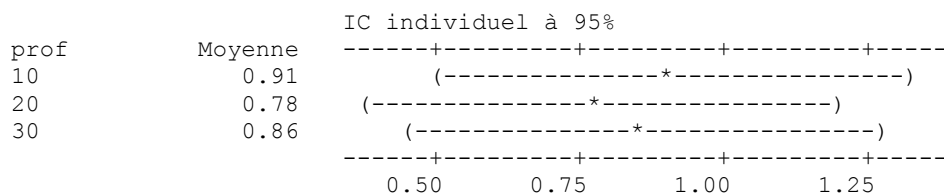
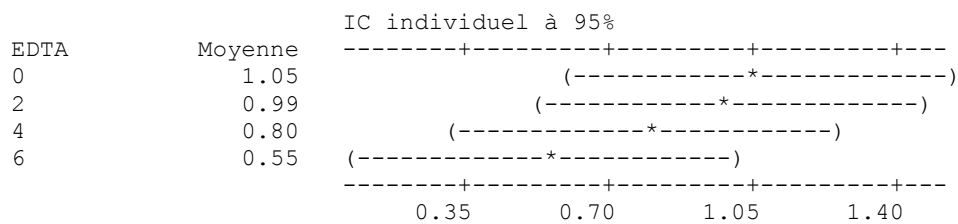
Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.02109	0.00703	1.80	0.248
Prof	2	0.00245	0.00123	0.31	0.743
Erreur	6	0.02348	0.00391		
Total	11	0.04703			



Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
EDTA	3	0.458	0.153	1.35	0.345
Prof	2	0.035	0.018	0.16	0.859
Erreur	6	0.680	0.113		
Total	11	1.173			



Résumé

L'objectif de ce travail vise à étudier les effets de quelques matériaux organiques sur la mobilisation ou l'accumulation du zinc et du cuivre en fonction des paramètres essentiels des sols, de quelques régions de la wilaya de Biskra à utilisation abusive des produits phytosanitaires et des engrais. L'étude réalisée comporte deux volets :

- Le premier consiste à identifier et quantifier les teneurs initiales des paramètres physico-chimiques et métalliques (le zinc et le cuivre) dans le sol avant traitements par des solutions nutritives des matériaux organiques.
- Le second volet a pour objectif de caractériser les changements induits après l'application des traitements nutritifs.

D'après les résultats obtenus, on peut tirer les conclusions suivantes :

- La qualité des eaux d'irrigation a une influence sur les propriétés chimiques des sols notamment la CE des sols dans les deux sites.
- Les micro-éléments (Cu et Zn) ont été très peu affectés par le lessivage. Cela est indiqué par les teneurs initiales faibles du sol par ces métaux.
- La matière organique EFV a un effet important dans la contribution de l'accumulation des métaux lourds (Cu et Zn) par rapport à l'EDTA et celle de traitement de contrôle.

Mots clés :

Cuivre, zinc, EDTA, EFV, engrais, mobilité, accumulation, produit phytosanitaire

Summary

The aim of our work is to study the effects of some organic materials on the mobilization or accumulation of zinc and copper within the parameters essential soil, some areas of the province of Basra contaminated with pesticides and fertilizer. Study concept and has two components.

- The first is to identify and quantify the levels of initial physical and chemical parameters and metal (zinc and copper) in the soil before treatment with nutrient solutions of organic materials.
- The second part aims to characterize the changes induced after the application of nutritional therapies.

➤ The results of our work show that: The quality of irrigation water to affect the chemical properties of soil including soil EC at both sites.

➤ Micro-elements (Cu and Zn) were little affected by leaching.→ This is indicated by initial low levels of soil by these metals.

➤ Organic matter EFV has an important effect in contributing to the accumulation of heavy metals (Cu and Zn) compared with EDTA treatment and the control.

Keywords:

Copper, zinc, EDTA, EFV, fertilizers, mobility, accumulation, plant protection products.

ملخص

الهدف من عملنا هو دراسة تأثير بعض المواد العضوية في حركي أو تراكم كل من الزنك والنحاس في التربة في بعض المناطق في محافظة بسكرة الملوثة بالمبيدات و الأسمدة. هذه الدراسة تشمل عنصرين أساسيين.

الأول هو تحديد وقياس كل من الخصائص الفيزيائية والكيميائية في التربة قبل بدء العلاج بمحلول المغذيات من المواد العضوية

الجزء الثاني يهدف إلى وصف التغيرات التي يسببها تطبيق محال المغذيات من المواد العضوية

نتائج عملنا يدل على أن :

نوعية مياه الري تؤثر على الخصائص الكيميائية للتربة في كلا الموقعين

العناصر الصغرى (الزنك والنحاس) تأثرت قليلا بالنص بالمواد العضوية

العلاج ب EFV تعتبر من المواد العضوية التي لها تأثير مهم في المساهمة في تراكم المعادن الثقيلة (النحاس والزنك)

مقارنة مع EDTA

الكلمات الرئيسية :

الأسمدة،التنقل ، تراكم ، ، EDTA، EFV، النحاس ، الزنك ،